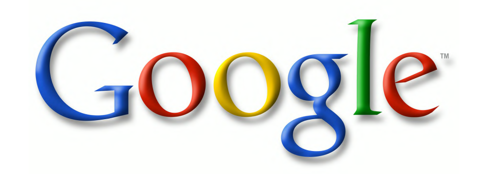
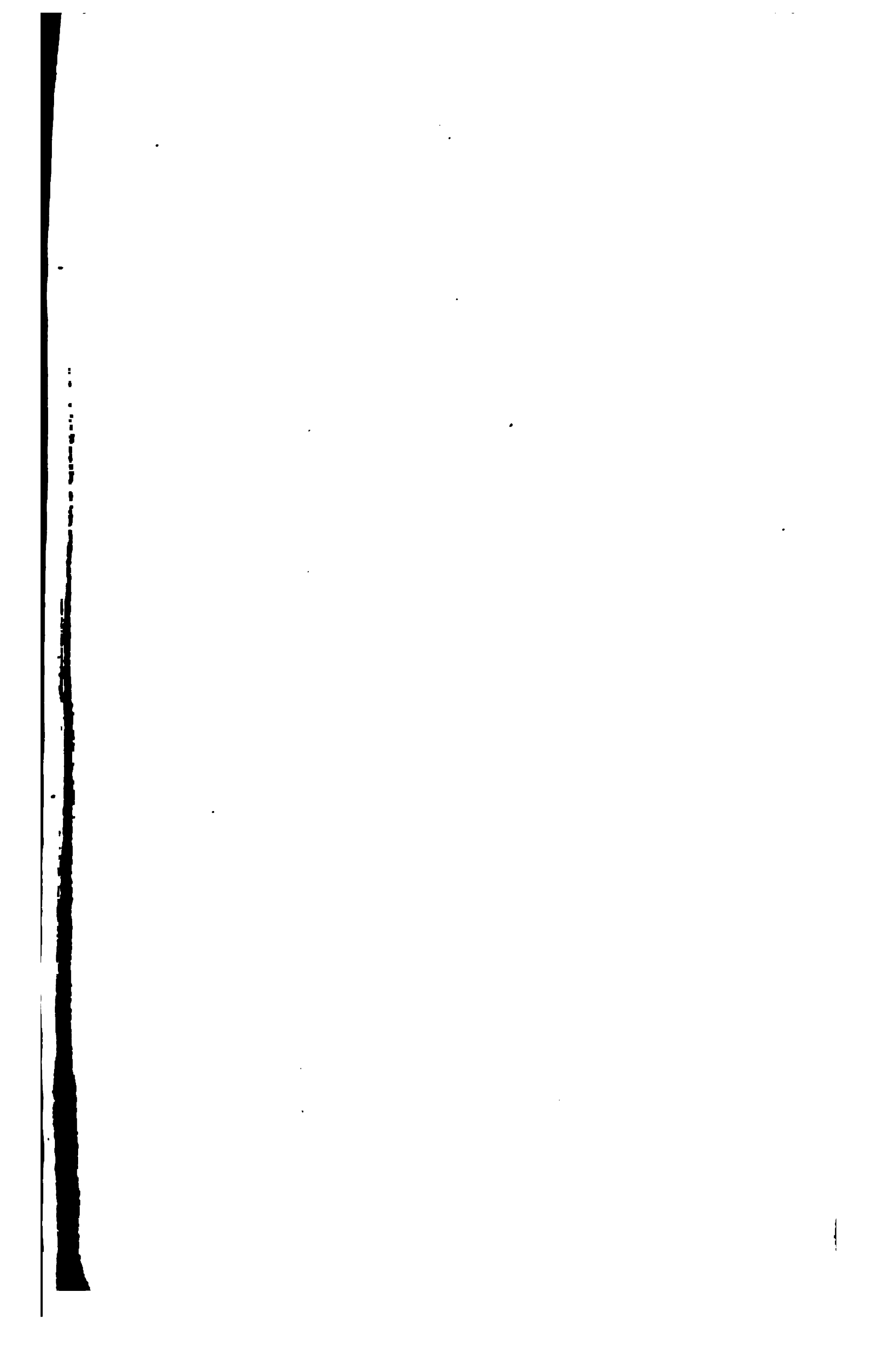
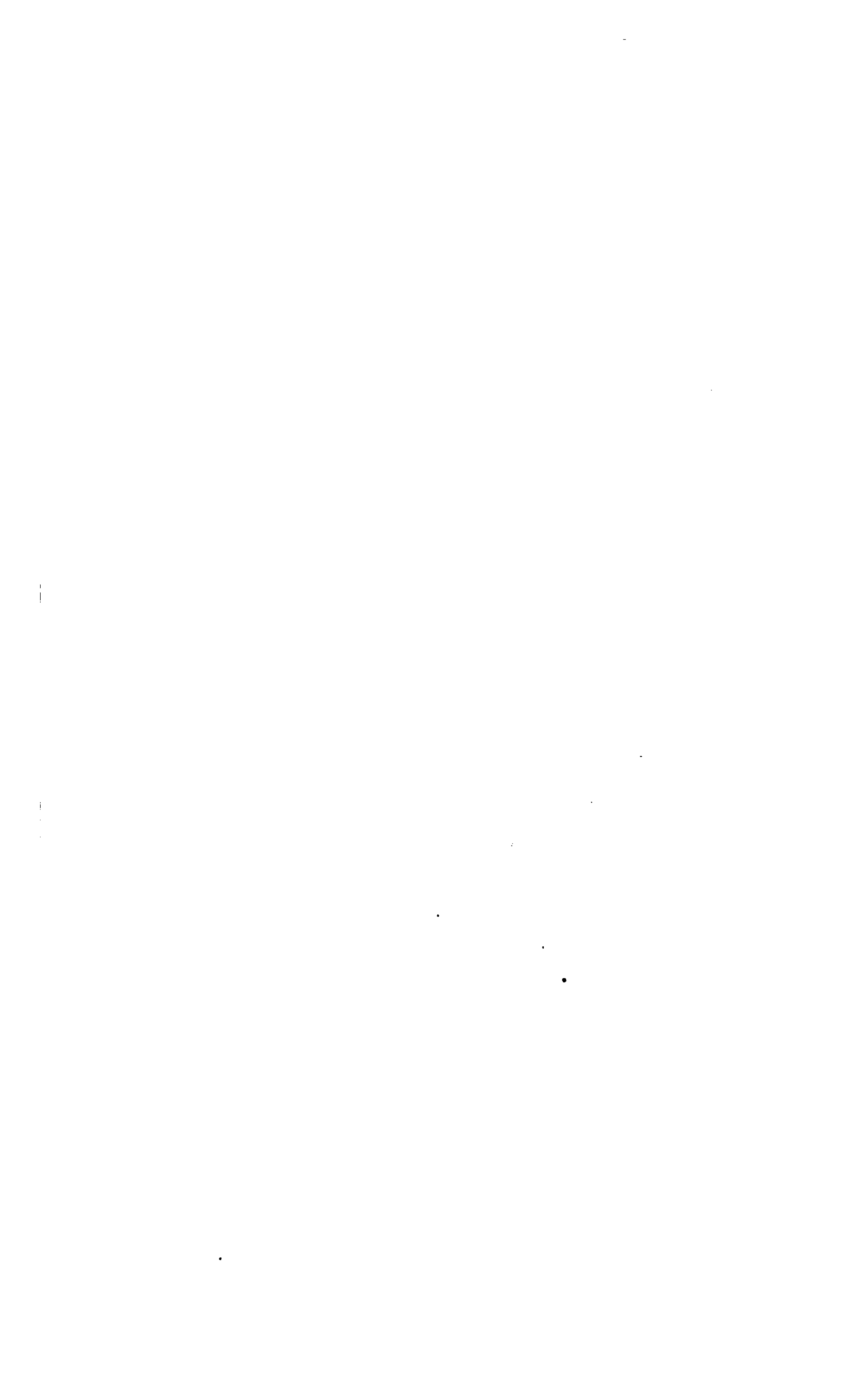



LIBRARY
UNIVERSITY OF
CALIFORNIA
SANTA CRUZ









Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band X. Jahrgang 1880.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1880.

In Commission bei G. Franz.



Uebersicht
des Inhaltes der Sitzungsberichte Bd. X
Jahrgang 1880.

Oeffentliche Sitzung zur Feier des 121. Stiftungstages der Akademie am 20. März 1880.

Oeffentliche Sitzung zur Vorfeier des Geburts- und Namensfestes Seiner Majestät des Königs Ludwig II. am 28. Juli 1880.

Sitzung vom 8. November 1879.

Sitzung vom 6. Dezember 1879.

Sitzung vom 3. Januar 1880.

Sitzung vom 7. Februar 1880.

Nachtrag zur Sitzung vom 5. Juli 1879.

Nachtrag zur Sitzung vom 7. Februar 1880.

Sitzung vom 6. März 1880.

Sitzung vom 1. Mai 1880.

Sitzung vom 5. Juni 1880.

Sitzung vom 3. Juli 1880.

Nachtrag zur Sitzung vom 5. Juni 1880.

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

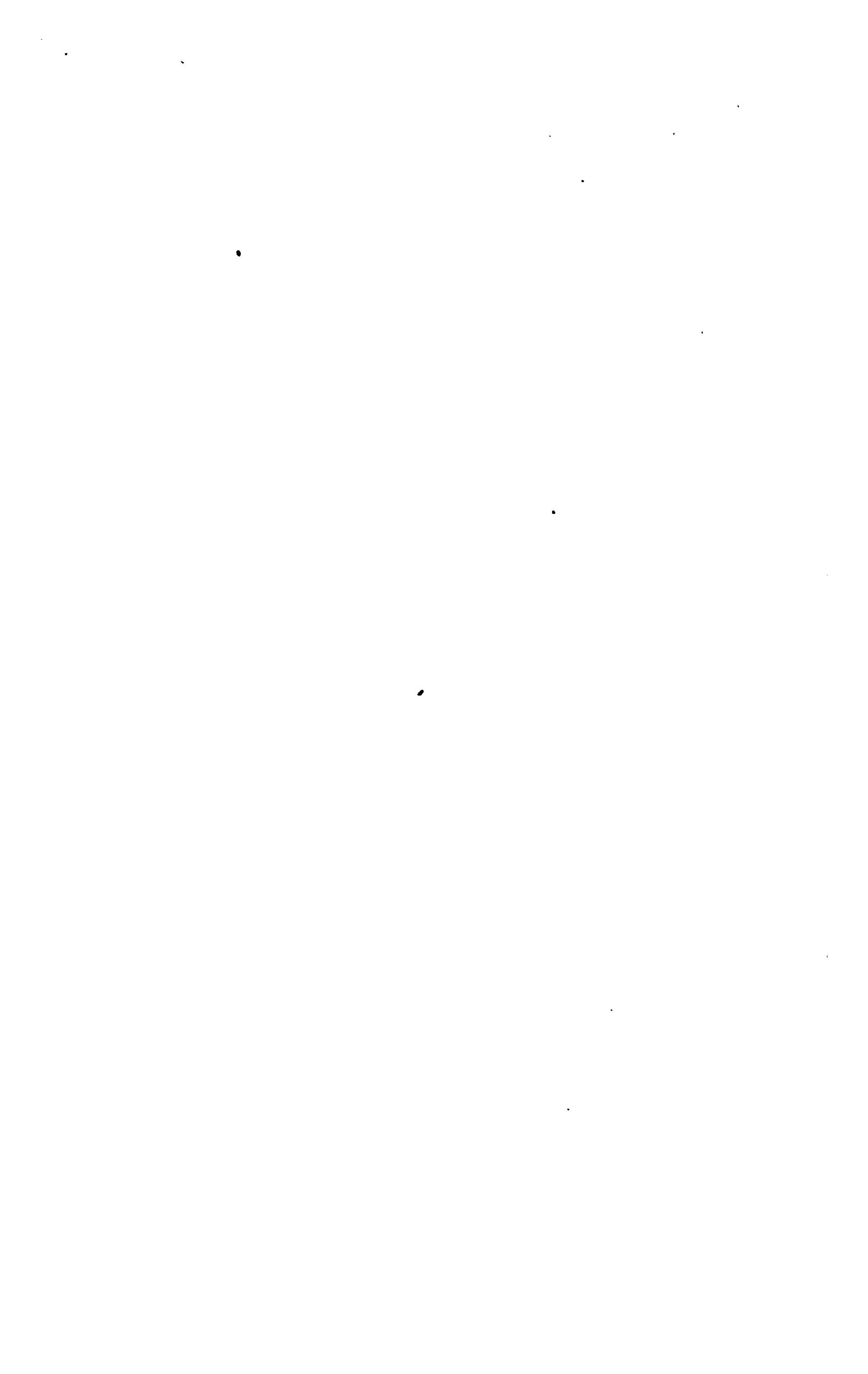
k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1880. Heft I.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1880.

In Commission bei G. Franz.



Sitzungsberichte
der
königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 8. November 1879.

Herr Hermann von Schlagintweit-Sakünlünski überreicht ein Exemplar des IV. Bandes der „Reisen in Indien und Hochasien“, und berichtet über denselben in folgender Weise.

I. Die Anlage des Bandes. Die Gebirgsgestaltung der besprochenen Gebiete. Mit 1 Skizze Hochasiens.
II. Die Zeichnungen und Aquarelle während der Reisen.
III. Die Gegenstände der ausgewählten Tafeln.

I.

Da jetzt mit diesem Bande, welcher Ost-Turkistán und Umgebungen behandelt, die beschreibende Darstellung unserer Reisen zum Abschluss gekommen ist, sei es von der hohen Classe gestattet, dass von mir dieser Theil als Ehrengabe den Pflichtexemplaren der früheren Bände angereiht werde.

Das Erscheinen dieses Bandes hat sich in einer mir unerwarteten Weise verzögert, meist durch akademische Arbeiten, welche von mir für die Untersuchung der neuen Ergebnisse aus den Zahlendaten und für die Bearbeitung

1) Jena, Hermann Costenoble, 1880. („Vorrede und einleitende Bemerkungen“, welche für die Buchhändler-Exemplare noch nachzusenden waren, konnten bald nach der November-Sitzung gleichfalls abgegeben werden).

der Sammlungsobjecte vorzunehmen waren. Die Schilderung der Reisen selbst hatte dies zwar im Fortschreiten aufgehalten, doch hatte es begünstigt, dass nun auch jene fernen Gebiete mit grösserer Bestimmtheit zu besprechen waren.

Unseren eigenen Routen folgt als Gegenstand des letzten Capitels: „Vorausgegangene und nachfolgende Bereisungen des nördlichen Hochasien und Ost-Turkistáns."

Ferner sind beigefügt, als Wissenschaftliche Beilagen mit Zahlen-Tabellen: I. „Die wichtigsten Höhenbestimmungen in Indien und Hochasien mit besonderer Berücksichtigung auch der physikalischen und ethnographischen Verhältnisse";

II. „Temperatur, Isothermen und klimatische Zonen." —

Die Transscription betreffend habe ich für diesen Band die folgenden besonderen Angaben noch zu machen.

Topographische Bezeichnungen, welche auch in der Form ihrer Wortbildung speciell russisch sind, wurden ebenso wie die russischen Personennamen in jener Weise transscribirt, welche im Deutschen die gewöhnlich dafür angenommene ist.

In den Wörtern der orientalischen Sprachen, die hier wiederzugeben waren, ist das „System" das gleiche, das ich schon mehrmals Gelegenheit hatte in unsereren Publicationen zu erläutern; hier sei nur, als abweichend vom Deutschen, speciell genannt: ch = tsch, j = dsch; sh = sch; z = weiches s.

Wo für einzelne Bezeichnungen das Fortschreiten in der Kenntniss der provinciellen Verhältnisse und der reinen oder local dialectischen Sprachformen Aenderungen bedingte, ist auf solche stets mit Sorgfalt eingegangen; Fälle, die sich boten, waren Wechsel zwischen j und ch, oder s, ss und z, auch b und p, und, seltener, unrichtiges Einführen von h als phonetisch markirte Aspiration.

In den tibetischen Wörtern haben mir Mittheilungen meines Bruders Emil aus den von uns gesammelten tibetischen Büchern (214 Nummern, theils Holzdrucke, theils Handschriften) für die beiden letzten Bände der „Reisen" viele neue Anhaltspunkte geboten.

Willkürlich oder zufällig angenommenen Schreibweisen, deren viele dessenungeachtet in der europäischen Literatur sehr häufig ständig festgehalten werden, bin ich auch hier nirgend gefolgt; ich nenne als etwaige Fälle Turkestán statt Turkistán (wie man auch nie Afghanestan u. s. w. schreibt). oder Khútan statt Khótan, Karakórum, sowie Karakorám statt Karakorúm u. s. w.; (auch Karakoroom wäre falsch — abgesehen von der Nichtwahl jener Schreibform, welche durch die Einfachheit die bessere ist — da der Vocal zwar ein u aber ein kurzes u ist).

Für die Wörter, die in Verbindung mit den Nachbar-Völkern Hochasiens dem Persischen und, zunächst wegen des (semitischen) Islám, dem Arabischen angehören, war mir sogleich im ersten Jahre nach der Rückkehr, als Begleiter nach Europa, unser indischer Múnshi, Namens Sáyad Mohámmad Sáid, sehr förderlich gewesen.

Als Pluralform wählte ich das romanisch-arische s, weil diese am leichtesten allgemein durchzuführen ist, und aus den indogermanischen Sprachen zugleich als ziemlich häufig schon bekannt ist.

Die Angabe des Hauptaccentes auf jedem mehrsylbigen Worte konnte für diese Gebiete gleichfalls noch durchgeführt werden; der persönliche Verkehr lehrt am besten die Beurtheilung der Betonung, und das Lauschen nach den Accenten bot unter anderem den Vortheil memnotechnisch die Form der Wörter zu fixiren, sowie akustisch das Hören derselben zu erleichtern. Ganz entsprechend ist auch für die europäischen neuen Sprachen (wenn deren Betonung nicht, wie im Französischen z. B., vorherrschend auf

Phrasenaccent mit secundärem Markiren von Länge beschränkt ist) die Sylbe mit dem Haupttone in den Wörterbüchern wenigstens markirt. Stets wenn die Reisen einige Zeit durch sehr verschiedene Sprachgebiete führen, schärft sich auch in dieser Beziehung der Sinn des Beobachters.

Als völlig unerwartet unter den topographisch neuen Resultaten gerade für die hier zu besprechenden Regionen ist hervorzuheben, dass uns das erste Ueberschreiten der Karakorúm- und unmittelbar darauf der Künlün-Kette die wasserscheidende Kette in der ersteren erkennen liess. In ihrer Gestaltung als Ganzes lässt sich die Karakorúm-Kette einer ziemlich unregelmässigen „Reihenfolge von Massifs" vergleichen — ähnlich den centralen Schweizeralpen im Gegensatze zu den mehr regelmässig gestalteten Hochkämmen der Tauern: aber die Depressionen zwischen den Massifs sind hier grössere und weiter auseinanderliegende als irgendwo in den entsprechenden Formen der Alpen. Ich habe nur zu erwähnen, dass der Karakorúm-Pass 18,345 engl. Fuss hoch aber „der niederste Pass in diesem Gebiete" ist; sowie, dass er doch, nach dem Mustágh-Passe im Westen, „der wenigst ferne vom Dápsang-Gipfel" ist; dieser ist jetzt als der zweithöchste Gipfel der Erde zu betrachten.[2])

Dabei sind die Horizontal-Ausdehnungen der Basis dieses Gebirges so grosse, dass selbst Gipfel wie der Dápsang und all die zahlreichen, die gegen Osten und Südosten dann sich folgen keineswegs durch ungewöhnlich

2) Allerdings wäre es nicht unwahrscheinlich, dass auch in jenem östlichen Theile des Karakorúm-Gebirges, der in seiner „geographischen Länge" nördlich vom Himálaya-Theile zwischen Gaurisánkar und Kanchinjínga liegt, und auch dort so deutlich die Wasserscheide bildet, Erhebungsmassifs und Gipfel von ganz ähnlicher Höhe noch bekannt werden. (Dápsang: n. Br. 35° 28'.7, östl. L. 77° 10', Höhe 28,278' e.)

steile Neigung auffallen und dass auch das Ansteigen zu den Pässen ein verhältnissmässig nicht steiles ist.

In ihrem gegenseitigen Anschlusse verbinden sich zugleich die höchsten Punkte der Gipfel mit jenen der Pässe — für das Karakorúm-Gebirge allein — zu einer Linie grösster Erhebung in Hochasien, welche ungeachtet ihrer grossen Ausdehnung eine ununterbrochene bleibt, und als wasserscheidende sich zeigt.

Die Verhältnisse des nicht steilen Ansteigens in dieser centralen Kette Hochasiens waren es vor allem, welche veranlassten, dass die Eingebornen von der Meereshöhe und von der orographischen Bedeutung dieses Gebirges keinen Begriff sich gebildet hatten. Ob an gegebener Stelle der Fall nach Norden oder nach Süden gerichtet ist, dies wussten sie wohl, schon aus den Anstrengungen ihrer Lastthiere bei solch vermindertem Luftdrucke, stets zu unterscheiden; Europäer aber, die später auf gleichen Routen uns folgten, wie Shaw 1868/69, sprachen sogar davon, dass man über grosse Strecken und gerade in den höchsten Theilen der Wege über die Pässe nicht wisse, „ob man aufwärts oder abwärts gehe."[3]) Dadurch etwa mag veranlasst sein, dass Colonel Walker, der aber jene Gegenden nicht durch eigene Bereisung kannte, in den topographischen Reports anführt: „Mr. Shaw

---

3) Uebrigens, wie in Cap. V bei der Besprechung der „Nachfolger" sich ergab, hat ohnehin fast jeder der die ganze Breite überschritten hatte, über die Hebungslinien in der Bodengestaltung jenes Theiles von Hochasien ganz analog unserer Auffassung sich ausgesprochen.

Ich habe speciell noch Haywards hiebei zu erwähnen, da dieser seine Reise gleichzeitig mit Shaw ausführte und selbst grosse Strecken entlang gemeinschaftlich mit ihm reiste. Dessenungeachtet spricht Hayward in seinen Berichten (Proc. R. G. S., Vol. XV 1871 S. 11, u. a.) von Vereinigung des Karakorúm als Kette mit dem Hindukúsh in gleicher Auffassung wie von uns geschehen war.

was quite right saying, the Karakoroom range was no range at all." Walker nimmt übrigens das Gleiche vom Hindukúsh ebenfalls an. Allerdings werden irgend ungewöhnliche Gebirgsverhältnisse, wenn man sie nicht durch eigene Anschauung kennt, im Beurtheilen ihrer topographischen Form nach Terrainskizzen und nach Reiserouten stets grosse Schwierigkeiten bieten; landschaftliche Aufnahmen erleichtern das Verständniss ebensowohl als kartographische, und zwar in etwas verschiedener Weise.

Es genügt einen Blick des Vergleiches zu werfen auf jene Bilder von Adolph und mir, welche diesem Bande beigelegt werden konnten, um zu sehen, dass die Contouren der Hochflächen auch dort, wo für den Standpunkt das richtige flachste Profil sich zeigt, meist eine sehr deutliche Neigung haben, und dass dabei das Wassergefälle der Thäler in denselben bedeutend steiler ist, als in den Flussbetten grosser wasserreicher aber weniger hoher Flüsse. Stellen aber mit platteren und dann nach ihrem Centrum zum mindesten etwas concaven Flächen waren hier, wie auch z. B. im Indus- und im Dihóng-Gebiete von Tíbet, stets solche, die in ihrer Ausdehnung entweder von ganz untergeordneter Grösse sind, oder die sich als Formen erkennen lassen, welche Senkungen sind mit Hebung wechselnd; (entsprechend sind die Verhältnisse in den Alpengebieten Europas). Gewöhnlich treten diese als Seebecken auf, die in älterer Zeit mehr oder weniger wassererfüllt waren und in den bei weitem grössten Theilen der Erde durch Erosion gegenwärtig entleert sind; einige sind jetzt noch Seen mit Zufluss und Abfluss. In solchem Hochgebirge wie hier kommen dagegen auch ganz abgeschlossene Seemulden vor; diese sind entweder ganz trocken und dann meist untergeordnet in ihrer Ausdehnung, oder sind häufig noch jetzt an ihrer niedersten Stelle mit Wasserfüllung markirt; wenn sie nicht von sehr bedeutender Grösse

sind, ist das Wasser dann schon jetzt zu einem Salzsee geworden.

Dass die Kammlinie des Karakorúm dem Beobachter, der nicht als Geologe[4]) und Physiker sie besieht, in ihrer ganzen Bedeutung als höchste und wasserscheidende erkennbar werde, ist überdies noch dadurch erschwert, dass die Schneemenge, die sich bietet, eine verhältnissmässig geringe ist: wie die Durchführung der Untersuchungen im 2. Theile der meteorologischen Daten, „Results" Vol. V, zeigen wird, ist bei der centralen Lage der Karakorúm-Kette in Hochasien die Niederschlagsmenge von Schnee dort bei weitem die geringste, also auch die directe Einwirkung des so wenig nur bewölkten Sommers auf das Abschmelzen eine um so grössere. Die Mittelwerthe für die Schneegrenze in den verschiedenen Gebieten Hochasiens hatten wir, wie folgt, erhalten.

a. Himálaya:

	Engl. Fuss
Südliche (Indische) Seite; Mittel für die ganze Kette, von Bhután bis Kashmír	16,200
Nördliche (Tibetische) Seite; von Gnári Khórsum bis Bálti	17,400

b. Karakorúm:

Südliche (Tibetische) Seite; von Gnári Khórsum bis Bálti	19,400

4) Auch Sir Roderick Murchison hatte nach Haywards' Abhandlung „Journey from Leh to Yarkand and Kashgar" den Karakorúm als Kette bezeichnet. Journ. R. Geogr. Soc. 13. Dec. 1869, p. 72. In entsprechender Weise ist er auf der neuen Geologischen Karte Indiens von Medlicott und Blanford dargestellt, von welcher jüngst Petermanns Mittheilungen Copie in Reduction gebracht haben. Pet. Mitth. Nov. 1879.

	Engl. Fuss
Nordseite, den Turkistáni Hochflächen entlang; vom Lungkám-Passe zum Mustágh-Passe .	18,600
c. Künlün:	
Südseite, gegen die Karakorúm-Kette abfallend	15,800
Nordseite, gegenüber dem Flachlande Ost-Turkistáns	15,100

Um die Ausdehnung und die gegenseitige Verbindung der hier sich bietenden Gebirgsverhältnisse zu übersehen, habe ich ein Kärtchen beigefügt, das schon im 3. Bande der „Reisen" in einer Ecke meiner neuen Karte des westlichen Hochasien[5]) gegeben war, auf dem aber jetzt in Revision von 1879, mit Umzeichnung, bis zur gegenwärtigen Zeit die topographischen Daten der späteren Untersuchungen berücksichtigt sind. Für die Theile des centralen Hochlandes, vom Tso Namúr gegen Osten, sind es vorzüglich die Ergebnisse der Pándit-Itinerare, welche das Neue der letzten Jahre bieten.

Jene Seen des westlichen Tíbet, welche auf Seitenstufen gelegen sind und gegenwärtig meist als „eintrocknende Salzseen" sich zeigen[6]), sind wegen des kleinen Maasstabes der Karte hier nicht mehr angegeben worden; als die beiden grössten des Königreichs Ladák sind zu nennen:

a) Der Tsomognalarí-Salzsee in Pangkóng, 33° 39'·8 nördl. Br., 78°38'·5 östl. L. v. Gr.; gegenwärtiges Niveau 14,010 F.

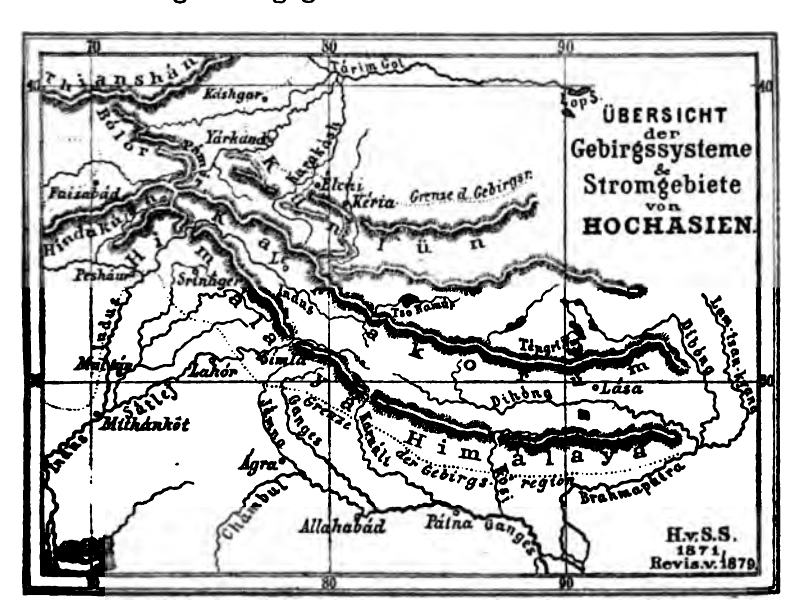
---

5) Maasstab 1 : 4,050,000 oder 1 e. Zoll = 64 e. Meilen.

6) Erläutert in meiner Abhandlung „Das Gebiet der Salzseen im westlichen Tibet." 1871. Denkschr. d. k. Akad. Bd. XLIII S. 115—190.

b) Der Tsomoríri-Salzsee in Rúpchu, 32° 45′·4 nördl. Br.; 78° 16′·6 östl. L. v. Gr.; gegenwärtiges Niveau 15,130 F.

Für die Lage des See Lop und für die Gestaltung des Künlün-Abhanges, mit stärkerer Krümmung gegen Norden hinan zwischen 83 bis 88 Grad Länge als sie früher angenommen war, sind die russischen Bereisungen und deren Bearbeitung wichtig geworden.



Die hier vorgelegte kleine Karte ist für die Sitzungsberichte in Zinkdruck von Friedrich Wolf hergestellt[7]).

7) Meine erste Benützung dieses Druckverfahrens hatte sich bei Abbildung „Turanischer Raçentypen“ geboten; Sitz.-Ber. der Münchner anthropol. Ges., 8. Febr. 1878. Auch war es Herrn Wolf schon damals möglich gewesen, photographischen Lichtdruck als Original zu transferiren, indem beim Umdrucke auf das Zink gleichmässig körniges statt glatten Papieres gewählt wurde.

In der Anwendung dieses Verfahrens wird durch Umdruck eines beliebig hergestellten positiven Bildes auf Zink und durch Aetzen des Metalls das Drucken in Letternsatz wie mit einem Holzschnitte in einfachster Weise ermöglicht, und zwar mit grosser Schärfe noch.

Das Flussnetz liess sich in seinen Hauptformen, ungeachtet der sehr bedeutenden Reduction[8]), noch ziemlich ausführlich angeben; es sind zur Erleichterung des allgemeinen Vergleiches, soweit der Raum es gestattete, einige aber verhältnissmässig nur wenige der grösseren Orte für Indien gleichfalls eingetragen.

Für die Gebirgssysteme ist Gegenstand der Darstellung zunächst die Angabe der 3 Hauptketten Hochasiens, und es sind in gleicher Weise die dominirenden Erhebungen der Nachbargebiete im Nordwesten beigefügt; in der Stärke der entsprechenden Linien ist für die Hauptketten weder nach Höhe noch nach den politischen Gebieten eine Unterscheidung gemacht; secundäre Verbindungen, ebenso Verzweigungen, sind ein wenig heller gehalten.

Als die grösste unter den stark hervortretenden Seitenformen ist jener Kamm zu nennen, welcher nahe bei 80° östl. L. v. Gr. beginnend in etwas wechselndem Abstande nördlich von der Karakorúm-Hauptkette sich hinzieht und in seinem östlichen Theile das Quellengebiet des Dibóng umgibt. Nach den noch weniger zahlreichen Nachrichten, welche 1871 schon vorgelegen hatten, wurde von mir der Beginn dieser Seitenform nicht so weit im Westen, wie jetzt sich ergibt, angenommen.

Die punktirten Linien, welche die Massenerhebung der vereinigten Gebirgssysteme im Westen, im Norden und im

8) Der Maassstab für die Grösse ergab sich, mit Anpassen an die hier vorliegenden Columnenbreite, nahezu = 1 : 29 Millionen (genauer 1 : 29·4 Millionon).

Süden als die Begrenzung derselben umgeben, bilden im Süden den Rand gegen das verhältnissmässig schon sehr tief liegende indische Flachland; dieses ist selbst in der oberen nordwestlichen Ecke bei Pesháur am Gebirgsrande nur 1200 bis 1300 F. hoch.

Die Depression von Ost-Turkistán dagegen hat längs des Gebirgsrandes im Norden noch ungleich grössere Höhe; bei Yarkánd beginnt die Fläche derselben etwas über 4500 F. hoch, und am See Lop, obwohl in gleicher östlicher Länge wie die Mittellinie des Ganges-Delta, ist die Höhe noch über 2200 F. Dort allerdings schliessen sich weniger hohe aber sehr ausgedehnte Erhebungslinien an, welche, gegen Osten und Südosten, ähnlich wie die Pámir- und die Bólor-Höhen gegen den Thianshán zu, das Eintreten bestimmten Wechselns der Bodengestaltung beschränken. Auch vom See Lop südwestlich zeigt sich, nach Prschewalski's neuesten Routen, in verhältnissmässig geringer Entfernung Gebirgserhebung, welche topographisch vom Künlün in seinen letzten Ausläufern gegen Osten schwer zu trennen sein dürfte.

Als Daten zum Vergleiche der Basis Hochasiens mit Dimensionen Europas sind die folgenden Ausgaben beizufügen.

Ausdehnung nach Breite: von der Austrittstelle des Karnáli-Flusses aus der „Grenze der Gebirgsregion" im Süden bei $28^1/_2{}^0$ N. bis zu jener des Kéria-Flusses im Norden bei $36^3/_4{}^0$ . . 8°

Ausdehnung nach Länge: vom westlichen Ende der südlichen der 3 Hauptketten, des Himálaya, westnordwestlich von Pesháur bei 71° O. v. Gr. bis zum östlichen Ende der Mittelkette am Brahmapútra-Gebiete bei 96° O. v. Gr. . 25°

Die Alpen, welche zwischen $43\frac{1}{2}^{0}$ N. an ihrem westlichen nach Süden gekrümmten Theile und 48^{0} N. Breite liegen[9]), haben vom mittleren Südrande aus wenig über 3^{0} Breitenunterschied; ihre Differenz der Längengrade, 11^{0} betragend, liegt zwischen $5\frac{1}{2}$ und $16\frac{1}{2}^{0}$ O. v. Gr.; wobei überdiess der höheren nördlichen Breite wegen auch die Grösse der Längengrade schon eine bedeutend kleinere ist. Ausdehnung gleich der Basis Hochasiens würde in Europa einer Breitenentfernung wie von Turin nach Hamburg und einer Längenentfernung gleich jener von Gibraltar nach der Mitte Griechenlands entsprechen.

Die politische Begrenzung des Südens durch den Karakorúm, dann auch durch den noch weiter nördlich liegenden Künlün ist, längs der riesigen Ausdehnung dieser Ketten in ihrer Hauptrichtung von West gegen Ost, wie zu erwarten, keine gleichartige. Gute Zusammenstellung hat jüngst das Buch von Dr. Konrad Ganzenmüller „Tíbet nach den Resultaten geographischer Forschungen früherer und neuester Zeit"[10]) gebracht. Auch die letzten Mittheilungen über Prschewalski's Expedition, die aus der Oase Shah-chaü in der Góbi-Wüste bis jetzt eingetroffen sind, lassen sich als dies bestätigend erkennen; seit Ende Juli ist er nach Süden aufgebrochen und schreitet dann, wo möglich mit etwas Wendung gegen Südosten, nach Lása vor.

Vom Anschlusse an den Hindukúsh bis gegen die mittlere östliche Länge von 80^{0} v. Gr. bilden, a) der Karakorúm-Kamm, b) eine Querkette, die ihn längs der linken Seite des obersten Kériagebietes mit dem Künlün verbindet, (wie gleichfalls auf obiger kleiner Karte zu sehen ist), und

9) Die Dimensionen sind besprochen in unseren „Untersuchungen über die phys. Georgr. und die Geol. der Alpen" Bd. II S. 104—116.

10) Stuttgart, Verlag von Levy & Müller, 1878.

c) östlich davon der Künlün die Grenze von Ost-Turkistán und Tíbet.

Die Dimensionen jedoch des Karakorúm zeigen noch bedeutend grössere Ausdehnung dieses mittleren Hochgebirges gegen Osten, bis zu 95° östl. v. Gr. an der Umkreisung durch den Dibóng und dann, allmählig auslaufend, bis zum Ende des Flusses am Brahmapútra, nahe dem Dihóng-Delta; dennoch sind sie schon längs Turkistán verglichen mit europäischen Verhältnissen sehr grosse zu nennen. Die Tauernkette unserer Alpen, die besonders deutlich als zusammenhängend sich zeigt, hat vom Brennerpasse im Westen bis an die steyerischen Alpen (mit dem Scalenrädchen[11]) gemessen), gegen 116 engl. Meilen oder circa 187 Kilometer; vom Mestúj-Passe bei Yássin bis zum Lungkám-Passe, dem östlichsten direct bestimmten Punkte der Karakorúm-Kette, nahe dem Ende der K a r a k o r ú m - Begrenzung von Ost-Turkistán, ist die entsprechende Ausdehnung des Kammes bereits gegen 447 engl. Meilen oder 721 Kilometer.

Wenig östlich nur vom See Lop, der noch turkistánisch ist, und zwar an seinen Gestaden und auf den umgebenden Oasen von Túrkis der so charakteristischen arischen Raçe bewohnt ist, verschwindet dann rasch, mit dem Auftreten turanischer Raçen, im Norden der Landesgrenze die letzte Spur arischen Elementes, die etwa noch auf Túrki-Raçe zu beziehen wäre.

---

11) Erl. „Reisen“ Bd. III, S. 341.

II.

Die Ansichten, welche in den 4 Bänden der „Reisen" theils als Bilder in Xylographie, theils als Gebirgsprofile in Contouren lithographisch gravirt gegeben sind, konnte ich, ebenso wie die grösseren Tafeln für den Atlas[12]) der „Results", jener Reihe von Zeichnungen, Tonskizzen und Aquarellen entnehmen, welche von Adolph und mir während der Reise als Objecte der Landschaft, der Vegetation, sowie der Architectur und der Wohnstätten der Eingebornen aufgenommen wurden; grosse Formen, günstige Stimmungen u. s. w. hatten wir, wo die Zeit es erlaubte, in Farbe ausgeführt.[13])

Für die Gebäude, besonders für jene monumentaler Construction wurde auch Photographie benützt; in den hier zu besprechenden Reihen sind einige photographische Blätter ebenfalls enthalten, solche nemlich, für welche Farben-

---

12) „Results of a scientific Mission to India and High Asia, 1854 bis 1858." Leipzig, F. A. Brockhaus; London, Trübner and Co. Bis jetzt publicirt Vol. I bis IV in 4° und 43 Atlas-Tafeln in Imp.-Fol.

Von den Tafeln des Atlas sind einige Tondrucke, die meisten sind als Farbenskizze mit wenig Steinen gehalten; ähnlich wie die Blätter im Atlas zu unserm 2. Bande „Phys. Geogr. u. Geol. der Alpen, 1854," aber kräftiger in Ton und Farben.

13) Gleichzeitig mit der Erlaubniss der Aufstellung der ethnographischen Gegenstände unserer Sammlungen in der K. Burg von Nürnberg, zur Vermittlung der Aufnahme in Staatssammlungen, hatte ich von S. M. König Ludwig II. für die Aquarelle und Zeichnungen nebst Büchern, Karten etc. in der K. Neuen Pinakothek zu München Raumanweisung gewährt erhalten. Mitgeth. in Sitz.-Ber. des 1. Dec. 1877 — Die ausgedehnte Kartensammlung ist sehr bald darauf, als Ganzes sogleich, für die K. B. Hof- und Staats-Bibliothek angekauft worden. Jüngst wurde noch in sehr anerkennender Weise eine erste Auswahl von Aquarellen getroffen, welche in das K. B. Handzeichnungs-Cabinet aufgenommen wurden.

Ausführung meist als Gouache-Skizze auf den zu dunklen Theilen, oder jedenfalls das für Landschaft nöthige Abtönen der Vegetation noch vorgenommen wurde. Es konnten hiezu mehrmals auch photographische Arbeiten unseres Bruders Robert verwandt werden.[14])

Vor allem war es unser Bestreben, obgleich nicht selten mit etwas Schwierigkeit verbunden, für die grösseren Ansichten, die als Bilder sich boten, stets auf passende Wahl des Standpunktes aufmerksam zu sein und bei diesen ebenso wie bei den localen Studien aller Composition, durch Hereinziehen etwa möglicher aber nicht an Ort und Stelle vorliegender Verhältnisse, uns zu enthalten. Für den Naturforscher, der zeichnet, ist das Aufsuchen des richtigen Standpunktes von ebenso grosser Bedeutung wie die Wahl des Gegenstandes. Ein Ueberblick, welcher Beurtheilung erlaubt ohne Störendes zu bieten, entspricht bei diesem dem Gedanken des Künstlers im Zusammenstellen des Bildes.

Andererseits sind ohnehin für die Darstellung von Landschaften Unrichtigkeit der Formen im Bilde, besonders zu steile Neigung bei Hochgebirgen[15]), oder das Verbinden

---

14) Die architektonischen sowie die landschaftlichen Photographien, welche als solche nicht mehr überarbeitet wurden, sind davon getrennt gehalten und bilden als Bände für sich mit den gleichfalls zahlreichen Photographien aus der verschiedenen Theilen der Bevölkerung selbstständige Reihe.

15) In entsprechender Weise war die Disposition, hohe Berge zu steil zu sehen, bei den Bewohnern Hochasiens als eine allgemeine zu erkennen, obwohl die Bevölkerung aus den 2 unter sich so verschiedenen Raçen der Arier und Turanier besteht, und obwohl alle beide, gerade weil Bergbewohner, stets Verständniss und Interesse zeigten, wenn sie Landschaftsbilder vorgelegt erhielten. Die Bewohner der flachen Gebiete der indischen Halbinsel dagegen, auch jene auf verhältnissmässig hoher Bildungsstufe, hatten überhaupt für den Charakter von Landschaft nirgend in befriedigender Weise Sinn gezeigt. Erl. „Reisen" Band II S. 275/276.

von Gestaltungen, die an sich und einzeln richtig sind aber in der Natur coëxistirend nicht vorkommen, überall und lange ungeahnt ein Hemmschuh gewesen; selbst in Europa wurde erst in verhältnissmässig neuer Zeit in diesem Zweige der bildenden Kunst genügend gelehrt, dass die Grösse des Eindruckes durch irgend naturwidrige Formen nur verlieren könne.

Objectives Auffassen ergibt sich in fernen Gebieten, neuen Erscheinungen gegenüber am lohnendsten; auch schliesst dieses nicht aus, verschieden darin von einfach mechanischer Reproduction, die Begrenzung des Wiederzugebenden zu bestimmen und zufällig Störendes unberücksichtigt zu lassen.

Es hat sich zwar wiederholt manche Schwierigkeit in der Beschränkung geboten, am häufigsten für die Anlage des Vordergrundes; doch hat sich auch stets bleibender Vortheil damit verbunden. Es wird dabei nicht nur die Erinnerung an die erhaltenen Eindrücke um so bestimmter fixirt, sondern man sichert sich dadurch allein in der richtigen Weise die positiven Anhaltspunkte für späteres kritisches Vergleichen der Bodengestaltung und der Vegetationsformen der Landschaften in ihrer Verbindung mit Bedingungen des Auftretens oder mit anderen naturwissenschaftlichen Fragen.

Bei der Aufnahme der grösseren Objecte, welche häufig, besonders in den Hochgebirgen, so viel des topographisch Wichtigen zeigten, wurden auf Pausen des Bildes Visionsrichtungen und Höhenwinkel, Namen sowie andere Angaben der Eingebornen, oft auch geologische Erläuterungen, Neigung der Bergabhänge in Zahlen u. s. w. eingetragen. Jetzt sind die verschiedenen Reihen der Pausen als Foliobände geheftet.

Sogleich nach der Rückkehr, in Verbindung mit dem systematischen Zusammenstellen der „Beobachtungs-Manu-

scripte“[16]), welches ich schon in einer früheren Abhandlung zu besprechen Veranlassung hatte, habe ich auch die Zeichnungen und Aquarelle[17]) in Gruppen vereint, mit Anlage eines Cataloges. Es sind dabei nebst der zur Grunde liegenden Eintheilung nach den geographischen Gebieten Gegenstände grossen landschaftlichen Ueberblickes als solche getrennt gehalten; dessgleichen sind Gebäude, auch Natur-Objecte von speciellem, wohl markirten Typus ihrer Formen geschieden, wie Flüsse, Vegetation und Gebirgsgestaltungen vereinzelten Charakters. Innerhalb der Gruppen folgen sie sich den Routen entlang und nach der Zeit der Aufnahme. In der Ecke links ist auf jedem Blatte die Ziffer der Gruppe und die Nummer innerhalb dieser, in der Ecke rechts die durchlaufende Nummer angegeben; letztere ist im englischen Atlas und in den deutschen Publicationen ebenfalls der betreffenden Ansicht beigefügt. Im Cataloge ist noch für die Aufnahme die Signatur des Namens und die Angabe des Tages[18]) enthalten.

Da der Catalog für Handexemplare in Druck gegeben wurde, konnten auch hier, entsprechend der Beilage des allgemeinen Capitel-Verzeichnisses in jedem der einzelnen Manuscript-Bände, die nöthigen Exemplare den einzelnen Mappen und den Bänden der Pausen beigelegt werden; es ist dadurch vielfach erleichtert bei der Beurtheilung der betreffenden Gegenstände in ihren Einzelheiten Verwandtes,

16) Angegeben in „Die Pässe über die Kammlinien des Karakorúm und des Künlün.“ 1874. Denkschr. der k. b. Ak. Bd. XLIV S. 11.

17) Da die „Resulte“ bald darauf zu beginnen waren, ist dieser Catalog als Vorarbeit für den Atlas englisch gemacht worden.

18) Auf den Blättern der grösseren Ansichten aus den Hochgebirgen steht auch als „Stunde“ die Tageszeit, welche bei der Durchführung der Arbeit als Periode der Beleuchtung und Stimmung eingehalten ist.

das in einer der anderen Gruppen auftritt, vergleichend zu prüfen.

Was ich hier aus dem Cataloge folgen lasse, beschränkt sich auf das Blatt, welches dort als Inhaltsverzeichniss gegeben ist.

Inhalt des Landschaften-Cataloges.

A. Indien.

B. Indien und Hochasien.

Gruppen		Gen.-Nro.
IX.	Bäume und Vegetationsformen . . .	201—249.
	Nro. 1—49. a. Tropen. — b. Khássia-Gebirge. — c. Oestlicher Himálaya[19]). — d Westlicher Himálaya. — Tíbet.	
X.	Tempel, monumentale Gebäude, europäische Wohnsitze	250—277.
	Nro. 1—28. (incl. 25 b.) a. Indien. — b. Himálaya, Tíbet. — c. Europäische Wohnsitze.	
XI.	Wohngebäude der Eingebornen, Brücken, Dörfer etc.	278—353.
	Nr. 1—76. a. Bombay, Madrás, Ceylon. — b. Nördliches Indien, von Ost nach West. — c. Stämme an der Nordostgrenze von Indien. — d. Oestlicher Himálaya. — e. Westlicher Himálaya. — f. Tíbet bis Turkistán.	

C. Hochasien.

XII.	Panoramen aus dem Himálaya, aus Tíbet und aus Turkistán	354—378.
	Nro. 1—25.	
XIII.	Oestlicher Himálaya	379—412.
	Nr. 1—34. a. Bhután, — b. Síkkim. — c. Nepál.	
XIV.	Westlicher Himálaya	413—469.
	Nro. 1—57. a. Kămáon. — b. Gărhvál. — c. Símla, Kúlu, Lahól. — d. Kashmír bis Pănjáb.	
XV.	Gnári Khórsum, Central-Tíbet . . .	470—496.
	Nro. 1—27. a. Nördlich vom Sátlej. — Südlich vom Sátlej.	

19) Im Cataloge ist in Kürze als „Himálaya“ bezeichnet die indische Seite der Kette, von Bhután bis Kashmír.

III.

In dem Exemplare dieses Bandes, welches ich heute der k. Akademie überreiche, ist auf der Tafel bei Seite 278 dem Berichte über die Káshgar-Reise meines Bruders Adolph auch ein Andruck des Porträts des Gefallenen beigefügt, ausgeführt von Herrn Hofmaler Gräfle; schon in der Mai-Sitzung 1879 war mir gewährt, dasselbe im Originale vorzulegen und zu besprechen. Die Reproduction im Lichtdruck, von Herrn J. B. Obernetter, ist für Vol. V. der „Results" bestimmt.

Die landschaftlichen Tafeln sind hier, in Band IV, die folgenden, mit durchlaufender Signatur für diesen als den letzten der Reihe. (Das Zeichen △ vor einem Ortsnamen bedeutet Déra oder Haltestelle, unbewohnt.)

A. Die Gebirgsprofile der Schneeketten Hochasiens, in schraffirten Contourzeichnungen.

VII. Die Karakorum-Kette, zwischen Ladák und Turkistán, und der Künlün, in Turkistán.

15. Das Dápsang-Panorama.

*Dápsang-Plateau, südliche Vorstufe des Karakorúm-Passes;
Standpunkt im centralen Theile: Nördl. Br. 35° 24'.
Oestl. Länge von Gr. 78° 2'.
Höhe 17,500 engl. F.

H. v. SS., August 1856. (Gen. Nr. 370.)

16. Das Aktágh*-Panorama.

*Aktagh-Plateau, nördliche Vorstufe des Karakorúm-Passes; am Lagerplatze: Nördl. Br. 35° 54'. Oestl. Länge von Gr. 78° 0'.
Höhe 16,860 engl. F.

H. v. SS., September 1856. (Gen. Nr. 371.)

17. Das Súmgal*-Panorama.

*△ Súmgal, Lagerplatz: Nördl. Br. 36° 2'. Oestl. Länge von Gr. 78° 59'.
Höhe, Fuss des Künlün, am Karakásh-Flusse, 13,215 engl. F.

H. v. SS., August 1856. (Gen. Nr. 576)

18. Das Yángi*-Panorama.

*△ Yángi-Lagerplatz, auf der linken Seite des Karakásh-Flusses. Nördl. Br. 36° 1'. Oestl. Länge von Gr. 79° 25'.
Höhe 13,400 engl. F.

H. v. SS., August 1856. (Gen. Nr. 572.)

VIII. Der Karakorúm, zwischen Ladák und Khótan.

19. Das Giápsang*-Panorama, Hauptkette (A).

Chang Lang-Pass: Nördl. Br. 34° 22'. Oestl. Länge von Gr. 79° 3'.
Höhe 18,839 engl. F.

*Seitlicher Gipfel als Standpunkt, südsüdöstlich vom Passe gelegen.

Ad. S., Juni 1857. (Gen. Nr. 729.)

20. Das Chang Lang-Panorama.

Standpunkt: Felsenstufe, 2 engl. M. westl. von △ gNichú*, dem Lagerplatze am Nordfusse des Passes.

*Nördl. Br. 34° 32'. Oestl. Länge von Gr. 79° 10'.
Höhe 17,680 engl. F.

IX. Die Karakorúm-Nordseite und der West-Künlün, in Turkistán.

21. Das Língzi Thang-Panorama.

Standpunkt: Bei △ Búllak Báshi*, in der oberen Stufe der Língzi Thang-Mulde.

*Nördl. Br. 34° 50′. Oestl. Länge von Gr. 79° 24′. Höhe 17,220 engl. F.

Ad. S., Juni 1857. (Gen. Nr. 735.)

22. Das Bel Daván-Panorama.

Standpunkt: Bel Daván-Pass, in Seitenkamm nordwestlich von △ Kalchúskun*, 2600 F. noch über dem Lagerplatze.

*Nördl. Br. 36° 26′. Oestl. Länge von Gr. 78° 20′. Höhe 14,147 engl. F.

Ad. S., Juli 1857. (Gen. Nr. 744.)

B. Landschaftliche Ansichten und Architectur; Tafeln mit Tondruck.[20])

XX. Déra Sultán Chúskun*, in Núbra, im westlichen Tíbet.

*Nördl. Br. 35° 4′. Oestl. Länge von Gr. 77° 38′. Höhe, am Darváza oder am „Thore (des Eintretens)", 14,440 engl. F.

H. v. SS., September 1856. (Gen. Nr. 556.)

Gegenstand dieser Ansicht ist das untere Ende des Kiziláb-Flusses, unmittelbar vor seinem Eintreten in den

---

20) Dieser Reihe sind hier die kleinen Erläuterungen beigefügt, dem Wunsche der hohen Classe entsprechend, welche ich bei der Vorlage derselben gegeben habe.

grossen Shayók-Fluss, wo eigenthümlich öde und doch schöne, grosse Formen sich zeigen.

Kiziláb, ein türkisches Wort, wie deren mehrere in dem tibetischen Núbra vorkommen, heisst das rothe Wasser; doch ist diese Färbung desselben, weil sie einfach durch die Art der Suspensionen hervorgebracht ist, verhältnissmässig wenig auffallend. Dies dagegen hebt sich vor allem hervor, dass mächtige Sandwälle, zum Theil auch feste Sandbänke sich gebildet haben. Zwischen den letzteren zeigt sich hier, thalabwärts gesehen, dieser stark erodirende Seitenfluss, bei niederem Wasserstande und ziemlich tief unter ihrer oberen Fläche. Das Einstürzen solcher Bänke mag von Zeit zu Zeit starke Unregelmässigkeiten in Folge von Aufstauungen und darauffolgendem Durchbruche des Wassers hervorbringen. Zur Linken des Kiziláb-Flusses befinden sich weiter zurück im Thale über den Uferbänken Berge, die bis an die Schneegrenze sich erheben, mit etwas über 5000 Fuss relativer Höhe. Aber die rechte Thalseite ist hier durch einen Ausläufer begrenzt, der kaum 2000 F. hoch ansteigt. Rechts im Bilde ist er als Mittelstufe sichtbar; über diesen führte die erste Fortsetzung unseres Weges gegen den Karakorúm-Pass.

XXI. Das Voháb Jilgáne-Plateau, an der zweiten Haltestelle* nördlich vom Karakorúm-Passe, in Yárkand, in Ost-Turkistán.

*△ Jilgáne: Nördl. Br. 35° 49′. Oestl. Länge von Gr. 78° 10′.

Höhe, auch Mittel für das Plateau, 16,419 engl. F.

H. v. SS., August 1856. (Gen. Nr. 565.)

Der Lagerplatz Voháb Jilgáne bot einen sehr guten Ueberblick gegen Osten und Nordosten und zeigte mehrere die Schneegrenze überragende Gipfel. Ich versäumte daher

nicht, da überdies in solchen Höhen die Tagemärsche nur kurze sein konnten, den Morgen nach dem Lagern daselbst zur Ausführung einer landschaftlichen Aufnahme zu benützen.

Obwohl ich bei dem Eintheilen der Ansichten für die Publication diesen Gegenstand wegen der Grösse des Blattes und wegen der bedeutenden, wichtigen Rundsicht für den Atlas zu den „Results" bestimmt hatte, so wählte ich es jetzt doch für die „Reisen". Die kräftigen aber dabei einfachen Formen liessen sich auch bei bedeutender Verkleinerung wiedergeben.

Die Beleuchtung war schön, aber nicht ganz günstig. Es hatte sich nämlich, wie in den darauffolgenden Tagen sehr häufig, etwas nächtlicher Nebel gebildet, der des Morgens zwar in leichten Duft sich löste und schönen Ton verbreitete, aber dabei auch manche Einzelheiten der Ferne verhüllte. Günstig war der niedere Barometerstand, 16·41 Zoll, durch Verdünnung der Luft sowohl als auch durch Verminderung der absoluten Menge der Feuchtigkeit.

Mein Standpunkt ist die obere Hälfte eines seitlichen Erdsturzes, der seine Profillinie und einen Theil seiner westlichen Seite zeigt. (In voller Ansicht war seine Form gleich jener des Erdsturzes, den man am Fusse des gegenüberstehenden Berges sieht.)

Im Vordergrunde bieten sich mehrere Gesträuche von Yabágre oder Myricaria germanica var. prostrata Desv.

Jenes nahe der Mitte des hellen Sandhügels hat die normale Form eines flachen grünen Ringes, ist beinahe geschlossen aber von sehr ungleicher Breite der Einfassung. Seitlich davon, etwas höher und zur Linken des Beschauers, zeigt sich eine solche Pflanze im Profil und lässt so die sehr unbedeutende Erhebung erkennen. Von Gräsern hatte ich nur einige Spuren zwischen den Steinen rechts unten anzudeuten.

Die Thiere in der Vohább-Ansicht sind wilde Pferde, Equus hemionus Pall.; sie werden auch von den Túrkis mit dem tibetischen Namen Kyang benannt. Ihre Species ist als eine zwischen Pferd und Esel stehende zu bezeichnen. Obwohl sie fast ausschliesslich in solch menschenleeren und von Raubthieren wenig gefährdeten Höhen wohnen, sind sie doch sehr scheu.

Was das Centrum des Bildes einnimmt, ist eine sehr ausgedehnte Wüstenfläche. Bei dem Durchschreiten derselben zeigte sich an einzelnen Stellen etwas dünner Vegetationsanflug, der aber aus einiger Ferne gesehen nicht mehr sich unterscheiden lässt. Viel häufiger als solche Plätze waren Flächen, die dicht mit Efflorescenz, fast ausschliesslich von verwitterter Soda, bedeckt sind. Diese Ablagerung an der Bodenoberfläche ist, ähnlich dem Sande, von heller, gelblichgrauer Farbe; sie bildet sich auch in diesen Höhen, durch Verdunsten einer ursprünglich wässerigen Lösung, aus welcher beim Beginne der Ausscheidung Krystalle kohlensauren Natrons mit 10 Aequivalenten Krystallwasser entstehen, die aber in trockner Luft und beschleunigt bei starker Erwärmung (welch letztere hier durch Besonnung hervorgebracht wird) als pulveriges Soda-Salz, mit nur 1 Aequivalent Krystallwasser, zerfallen oder „verwitterten."

XXII. Ruine Sikänder Mokám* am rechten Karakásh-Ufer, in Yárkand, in Ost-Turkistán.

*Nördl. Br. 35° 56′. Oestl. Länge von Gr. 79° 22′.
Höhe des Flussbettes 13,864 engl. F.
H. v. SS., August 1856. (Gen. Nr. 573.)

Hier zeigt sich ein Theil des oberen Karakásh-Thales, in der Richtung nach abwärts.

Sikänder Mokám war zur Zeit, als im Verkehre

zwischen Turkistán und Ladák auch der Uebergang nach Changchénmo nicht unbenützt geblieben ist, die letzte Haltestation vor dem Ansteigen zur Tháldat-Hochebene. Mit der Route, die wir gekommen waren, steht Sikănder Mokám nur in indirecter Verbindung indem ja die weglose und überflüssig lange Marschlinie über die Kizilkorúm-Kette und von dort hinab zum Karakásh-Thale vom Handelsverkehre nie berührt wurde. Jetzt, bei der Erneuerung der Wahl des Weges durch Changchénmo mag auch diese Haltestelle wieder an Bedeutung gewinnen. An die Verhältnisse der früheren Zeit erinnert hier mächtiges Mauerwerk, das, obgleich vom Einsturze bedroht, sehr deutlich sich unterscheidet, in Grösse und in Construction, von den losen Steinhütten wie sie sich am Wege, der aus Núbra herauf über die Karakorúm-Kette führt, an mehreren Stellen gezeigt hatten.

Ruinen von Zoll- und Befestigungsgebäuden, welche in einzelnen Perioden lebhafteren Verkehres — veränderlich vor allem je nach den politischen Verhältnissen — bisweilen errichtet werden, kommen auch auf anderen Wegen durch solche Wüsten vereinzelt vor. Meist erhalten sie sich nicht lange, wenn der Verkehr einmal unterbrochen ist. Bei Hayward, dessen Weg 13 Jahre später durch diesen Theil des Karakásh-Thales führte, ist Sikănder Mokám nicht erwähnt. Doch wäre es wohl möglich, dass er dem Flussufer entlang an dieser Stelle vorüberkam, ohne die etwas höher gelegenen Gegenstände zu bemerken oder genannt zu erhalten, ähnlich wie er den Kiúk Kiṓl-See unerwähnt lässt.

Die Wahl des Namens Sikănder Mokám, „Alexanders Lagerstätte", würde, wenn etwa als ideale Bezeichnung auf die im Thale prominirende Stellung bezogen, nicht überraschen. Aber nach den Begriffen der Eingebornen ist er ganz objectiv zu verstehen; Alexander der Grosse

soll auf seinem indischen Feldzuge hier sein Lager aufgeschlagen haben. Eine mythisch-historische Kunde von Alexanders Feldzug fanden wir sowohl in Indien allgemein, als auch bei den Mussălmáns im Norden von Hochasien. Nachricht über Alexander den Grossen hat sich wohl mit dem semitischen Materiale der Geschichte verbreitet, das nach und nach der Einführung des Korán folgte. Die Tibeter wussten nirgend von Alexander, selbst ihre Priester, die Lámas, nicht. (Der Weg Alexanders war übrigens bekanntlich ein ganz anderer gewesen, viel westlicher gelegen.)

Zu beachten ist die Felsengruppe zunächst den Mauern des Sikănder Mokám. Obwohl sie in der Landschaft gross sich abhebt, besteht sie nicht aus anstehendem Gesteine, sondern lose Blöcke sind es, die sich dort zeigen, rings umgeben von kantigen Schuttmassen, welche hier bis weit hinan die linke Thalwand bedecken. Das Gestein ist Grünstein (Hornblende und Feldspath), der auf dieser Seite des Karakorúm-Kammes sehr verbreitet ist; hier in der Form körniger, porphyrähnlicher Masse.

Unser Lager ist nicht auf dem schuttbedeckten Abhange, sondern etwas thalabwärts auf anstehendem Gesteine aufgeschlagen, das hier überdies eine ziemlich flach geneigte Stufe bietet. Zwischen der Ruine und unseren Zelten zog sich noch ein Seitenzufluss herab, dessen Lage durch die Terrainform im Bilde sich erkennen lässt. Das Wasser kommt aus einer Firnmulde, deren obere Wände, hell sich abhebend, zum Theile von diesem Standpunkte noch zu sehen sind. Die Abbildung des zweihöckerigen baktrischen Kameeles, im Vordergrunde von einem Túrki in schwerem kurzem Filzrocke und mit breitem flachem Wollhute geführt, bezieht sich, als Staffage, auf die Anwendung dieses Lastthieres Turkistáns ungeachtet der Schwierigkeiten solchen Gebirgslandes. Wir selbst hatten damals von Le aus keine

Kameele mit, hätten uns solche in Tíbet auch nicht verschaffen können. Ueberdies waren ja die Wege, die wir hatten wählen müssen, um möglichst unbemerkt vorzudringen, an vielen Stellen noch weit schlimmer, als jene des gewöhnlichen Verkehres, wie nur zu bald unser Verlust selbst an Pferden es zeigte. — (Die Anwendung und Verbreitung der Kameele in Turkistán als Hausthiere ist bei Besprechung des Rückweges erörtert, Bd. IV S. 197—200).

Für die Höhe des Karakásh-Flusses bei Sikănder Mokám ergab sich 13,864 engl. F.

Die ganze Breite des Thales ist hier über 3000 Fuss; jene des fliessenden Wassers war im August 2300 Fuss; die Tiefe erreichte nirgends 2 Fuss. Ungeachtet so bedeutender Horizontaldimensionen zeigten sich an den Seiten der sehr wenig gegen die Mitte sich senkenden Thalfläche Wassermarken, welche in den Sand- und Schlammlagern der geologisch neuesten Gestaltung 22 1/3 Fuss als Erosionslinien erkennen liessen.

Der Fluss verschwindet nach zahlreichen Krümmungen hinter dem Bergrücken, der sich links gegen das Thal herabzieht; es ist diess von hier gesehen durch die letzten dunklen Reflexe auf dem Flusswasser bestimmter markirt als durch den Ton der Abhänge am rechten jenseitigen Ufer. —

XXIII. Das Indus-Thal bei Dĕra Báldang* und Nióma Mut, in Ladák, im westlichen Tíbet.

*Nördl. Br. 33° 14′. Oestl. Länge von Gr. 78° 27′.

Höhe, an der Indus-Kreuzung, 13,858 engl. F.

(Höhe des Lagerplatzes, welcher hier der Standpunkt ist, 14,272 engl. F.)

Ad. S., Juni 1857, (Gen. Nr. 728.)

Ich gab hier, nach einem Aquarelle meines Bruders

eine Ansicht, vom linken Indus-Ufer thalaufwärts gesehen in der Richtung gegen Ost bei Süd.

Die Gestaltung des Indus-Thales ist deutlich breite flache Basis, mit Thonablagerung aus früherer Wasserbedeckung, und die umgebenden Bergkämme reichen von hier gesehen noch nirgend zur Schneegrenze hinan, obwohl schon die Höhe der Thalsohle am Indusrande 13,858 F. ist.

Die Uebergangsstelle über den Indus liegt etwas unterhalb der dunklen inselförmigen Bank, welche zur Zeit gerade an einer der breitesten Stellen des Flussbettes aus dem Wasser hervortritt; der Uebergang wird dessenungeachtet etwas weiter thalabwärts, dem Beschauer näher liegend, ausgeführt, weil sich dort, wegen breiter schlammiger Ränder am Felsen, mehr Schwierigkeit bieten würde als bei der grösseren Tiefe des Wassers an Stellen, wo der Fluss zugleich weniger breit und doch noch immer nicht reissend ist. Der Schnee in der Ferne ist nicht permanent.

Ráldang selbst ist als Lagerplatz oder Déra dieser Indus-Kreuzung nur in unmittelbarer Nähe, vorzüglich durch Reste von Feuerstellen, markirt. Am jenseitigen, rechten Ufer aber ist ein ständig bewohntes Dorf, Nióma Mut, auf dem langgezogenen dunklen Felsen gelegen, der auf der gleichen Seite aber weiter thalabwärts aus einem seitlichen Schuttdelta sich erhebt. Als Dorf liess es sich ungeachtet bedeutender Entfernung gut erkennen; es trat die Lage hervor sowohl durch die hier so seltenen Culturflächen, die es umgeben, als auch durch einige Tempelconstructionen von überraschender Grösse in solcher Gegend.

Am 7. Juni 1857, wurde hier von Adolph das Ueberschreiten des Indus vorgenommen, wie gewöhnlich in diesem Theile Tíbets ohne Fähre, selbst ohne Vermehrung der Träger und der Lastthiere des Reisezuges.

XXIV. Felsenstudie bei Déra Mazâr*, am Fusse der (secundären) Kiliân-Kette, auf der Khótan-Seite, in Ost-Turkistán.

*Nördl. Br. 36° 36'. Oestl. Länge von Gr. 78° 15'.
Höhe 11,396 engl. F.

Ad. S., Juli 1857. (Gen. Nr. 749.)

Diess ist eine der landschaftlichen Farben-Skizzen, die mein Bruder am Nordfusse des West-Künlûn aufnahm, während er dort, vom 1. bis 12. Juli 1857, Halt machen musste, um bestimmte Angaben über die Möglichkeit seines Vordringens zu erhalten. Der Aufenthalt in jenem noch ganz unbewohnten Theile des Künlûn, dessen Höhe in solcher Breite noch immer sehr ungünstige klimatische Verhältnisse bedingt, war für ihn und seine Caravane sehr beschwerlich; doch hatten sie kurz vorher, als sie das erstemal nördlich von Tíbet wieder mit Menschen zusammengetroffen waren, von jener Caravane schon gehört, dass ein Aufstand gegen China ausgebrochen sei; er hatte nun die beiden Führer, Mohámmad Amín und Murád, vorläufig allein thalabwärts vorausgesandt, um Erkundigungen einzuziehen. Hier musste er die Rückkehr derselben erwarten.

Zur Erläuterung der geologischen Formen der vom Künlûn auslaufenden Kilián-Kette habe ich die Skizze der Felsen bei △ Mazár gewählt. Das Gestein ist Gneiss, kömmt auch mit Glimmerschiefer an vielen Stellen der Umgebung vor. In seiner Gestaltung steilen Ansteigens ist es durch scharfbegrenzte, vielfach sich kreuzende Klüftungsflächen charakterisirt. Auch Divergenz in Keilform zeigt sich wiederholt in mittelhohen und tiefen Theilen solcher Felsenwände.

Von △ Mazár ist noch, für dieses Gebiet charakteristisch als Localitätsbezeichnung, die Bedeutung des Namens zu erwähnen. Mazár ist nämlich die Bezeichnung für „Begräbnissplatz" bei den Mussălmáns, und findet sich längs allen Caravanenwegen durch dieses Gebirge ziemlich häufig angewandt. Meist sieht man an so benannten Dḗras auch Gräber für Gefallene aufgerichtet und für manche Stellen erhält sich, als Componens mit Mazár verbunden, der Name eines Begrabenen. Als der nächste analoge Ort etwas weiter thalabwärts am Karakásh-Flusse gelegen, ist der Mazár am Südfusse des Sánju-Passes anzuführen, der zur Zeit von Adolphs Reise als △ Mazár Báju Ábu Bekr ihm angegeben wurde.

Sitzung vom 6. December 1879.

Fortsetzung der von Herrn v. Pettenkofer vorgelegten Abhandlung:

„Theorie des natürlichen Luftwechsels von G. Recknagel."

Dritte Abhandlung.

Ueber den Luftwechsel zweier Zimmer, welche, durch eine vertikale poröse Scheidewand getrennt, neben einander liegen, im Uebrigen aber von freier ruhiger Luft umgeben sind.

1) Zur Erklärung der Aufgabe ist es dienlich, zunächst das Verhalten der vertikalen Zwischenwand zu studiren.

Wir verfahren dabei ebenso wie in der zweiten Abhandlung, indem wir uns nämlich vorerst jedes der beiden Zimmer durch die Zwischenwand abgeschlossen in freier Umgebung denken und die Veränderungen nachweisen, welche in dem Verhalten der Zwischenwand dadurch eintreten, dass dieselbe beiden Zimmern gemeinschaftlich wird.

Das eine der beiden Zimmer von der Temperatur T und der Höhe H soll das Hauptzimmer heissen, das andere von der Temperatur T' und der Höhe H' sei das Nebenzimmer. Die Temperatur der freien Umgebung sei t.

Bezeichnet man mit P die ganze Gewichtsdifferenz

$$H\ 1{,}293\ \frac{B}{760} \cdot \frac{T - t}{270 + T + t}$$

zwischen der äusseren und inneren Luftsäule von der Höhe H (und einem Quadratmeter Grundfläche) und mit p_0 den Ueberdruck, welchen bei freier Umgebung die äussere Luft am Boden des Hauptzimmers über die innere Luft besitzt, so ist

$$p_0 = P\ \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{L},$$

wobei L das gesammte Lüfungsvermögen des Zimmers, l_2 das der Decke, l_1 das der vertikalen Begrenzung bezeichnet (vgl. Abhdlg. II S. 464 des Sitzungsberichtes vom 6. Juli 1878).

In der beliebigen Höhe z über dem Boden ist der Ueberdruck der äusseren Luft über die innere:

$$p_0 = \frac{z}{H}\ P,$$

wobei ein negativer Werth dieses Ausdrucks anzeigt, dass in der betrachteten Höhe die innere Luft Ueberdruck über die äussere besitzt.

Ist ferner mit analoger Bedeutung der markirten Zeichen

$$P' = H'\ 1{,}293\ \frac{B}{760} \cdot \frac{T' - t}{270 + T' + t'}$$

$$p_0' = P'\ \frac{l_2' + \frac{1}{2} l_1'}{L'},$$

so ist

$$p_0' - \frac{z'}{H'}\ P'$$

der Ueberdruck, welchen bei freier Umgebung in der Höhe z' über dem Boden des Nebenzimmers die äussere Luft über die im Innern dieses Zimmers befindliche Luft besitzt.

Stellen wir uns nun vor, die Zwischenwand, welche wir bisher zu jedem der beiden Zimmer besonders hinzudachten, werde gemeinschaftlich, und der Boden des Nebenzimmers liege um δ Meter tiefer als der des Hauptzimmers, so hat man, um einzuführen, dass man auch im Nebenzimmer die Stelle betrachten will, welche um z Meter über dem Fussboden des Hauptzimmers liegt $z + \delta$ an die Stelle von z' zu setzen.

Dann gibt die Differenz

$$(p_0 - p_0') - \left[z \frac{P}{H} - (z + \delta) \frac{P'}{H'} \right]$$

den Ueberdruck, welchen an dem gemeinsamen Theile der Zwischenwand in der Höhe z über dem Fussboden des Hauptzimmers die Luft des Nebenzimmers über diejenige des Hauptzimmers besitzt. Ein negativer Werth der Differenz gibt die entgegengesetzte Richtung des Druckes an.

Dieser allgemeinere Ausdruck ist z. B. dann anzuwenden, wenn man die Druckvertheilung längs einer Wand berechnen will, welche in einem oberen Stockwerke das Stiegenhaus von einem Zimmer oder geschlossenem Gange (Corridor) scheidet. Liegt die Wand zwischen zwei Zimmern des nämlichen Stockwerkes, so wird es zulässig sein,

$$\delta = o, \; H' = H$$

zu setzen, d. h. anzunehmen, dass beide Zimmer zwischen denselben beiden Parallelebenen liegen. Dann reducirt sich der Ausdruck (q) für den Ueberdruck, welcher in der Höhe z über der Ebene der Fussböden die Luft durch die Zwischenwand aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer treibt, auf

$$q = p_0 - p_0' - \frac{z}{H} (P - P').$$

Im Folgenden soll dieses einfachere Gesetz der Druckvertheilung angenommen werden. Die Resultate beschrän-

ken sich demnach auf den Fall, dass die beiden Zimmer zwischen denselben horizontalen Parallelebenen eingeschlossen sind.

2) Die Druckvertheilung (q) bezieht sich freilich nur auf den ersten Moment, nachdem man sich die vorher in freier Umgebung gedachten beiden Zimmer durch die Zwischenwand verbunden denkt. Dennoch dürfte eine Discussion derselben, durch welche wir eine Uebersicht über die möglichen Strömungen erhalten, die Deutlichkeit wesentlich fördern, zumal hier durch den Uebergang in den neuen Beharrungszustand an der ersten Druckvertheilung in der Regel nur wenig geändert wird. (Vgl. die Beispiele am Schluss d. A.)

Bestimmen wir zunächst die Höhe $\bar{z}$, in welcher die neutrale Linie der Zwischenwand liegt, so folgt aus

$$o = p_0 - p_0' - \frac{\bar{z}}{H}(P - P')$$

$$\bar{z} = \frac{p_0 - p_0'}{P - P'} H.$$

Somit besitzt die gemeinschaftliche Wand nur dann thatsächlich eine neutrale Linie, wenn $p_0 - p_0'$ mit $P - P'$ von gleichem Vorzeichen und zugleich dem absoluten Werthe nach

$$p_0 - p_0' < P - P'$$

ist. In den übrigen Fällen hat der durch die gemeinschaftliche Wand gehende Luftstrom in der ganzen Höhe der Wand die gleiche Richtung.

Diese Fälle sollen zunächst erörtert werden.

a) Ist die Temperatur in beiden Zimmern gleich hoch, so ist $P = P'$, und der Ueberdruck q ist in jeder Höhe der Zwischenwand gleich gross, nämlich gleich $p_0 - p_0'$. Somit geht in diesem Fall durch die

Zwischenwand ein Luftstrom, welcher überall die gleiche Richtung und Stärke hat. Seine Richtung hängt davon ab, ob die Differenz $p_0 - p_0'$ positiv oder negativ ist. Ist sie positiv, dann strömt die Luft aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer, während das negative Vorzeichen die entgegengesetzte Richtung des Luftstroms anzeigt.

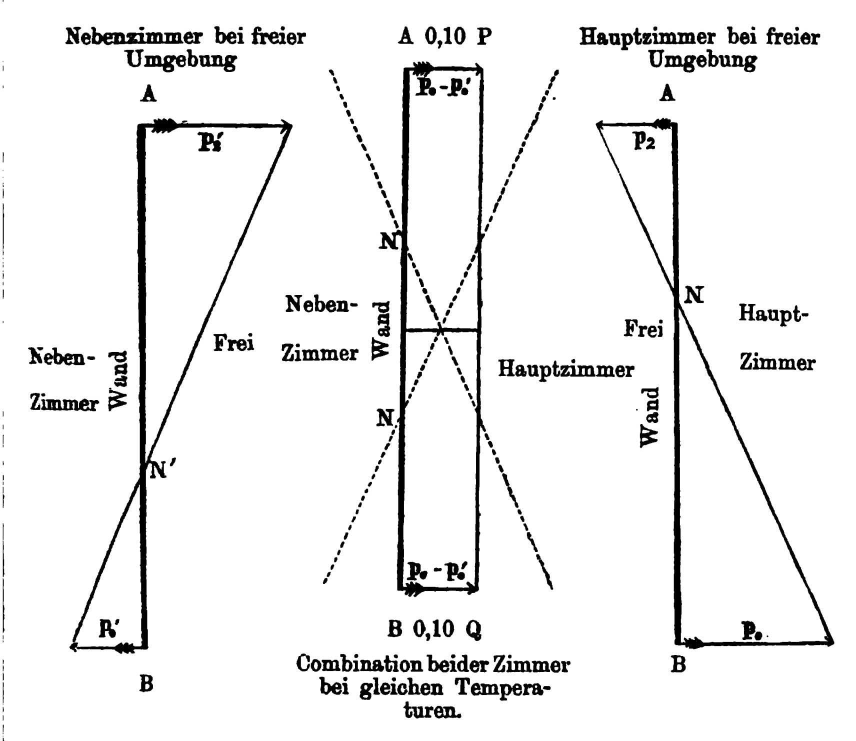


Fig. 4 gibt ein Bild der längs der Zwischenwand bestehenden Druckdifferenz, wenn diese Wand zwei Zimmer von gleich hoher Temperatur trennt, deren neutrale Zonen (bei freier Umgebung) in den Höhen $BN = \frac{2}{3} H$ und $BN' = \frac{1}{3} H$ liegen. Die der Wand Parallele PQ begrenzt die überall gleichen Ueberdrücke $(p_0 - p_0')$, welche einen

Luftstrom aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer treiben. Der Flächeninhalt der Figur APQB gibt ein Bild der stündlich durch die Wand strömenden Luftmenge, welcher er proportional ist.

b) Sind die Temperaturen beider Zimmer verschieden, so läuft die Drucklinie (wie PQ) der Wand AB nicht parallel; aber es kann vorkommen, dass ihr Schnittpunkt in die Verlängerung der Wand AB, und zwar entweder unter B hinab oder über A hinaus fällt. Ersteres ist der Fall, wenn das Vorzeichen von $p_0 - p_0'$ von dem Vorzeichen der Differenz $P - P'$ verschieden ist, letzteres, wenn die Vorzeichen zwar gleich sind, aber absolut

$$p_0 - p_0' > P - P'.$$

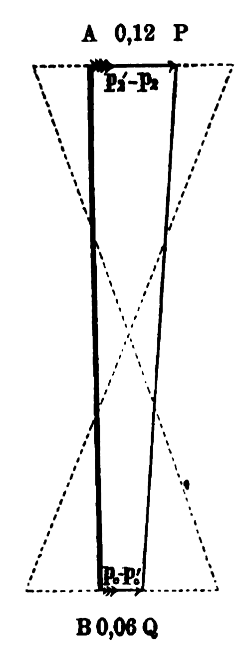


Fig. 5 gibt ein Bild der Druckvertheilung längs der Zwischenwand AB derselben beiden Zimmer, welche in Fig. 4 behandelt sind. Das Nebenzimmer hat noch die frühere Temperatur, im Hauptzimmer aber ist sie um c. 4 Grade tiefer als vorhin angenommen, so dass nun für letzteres

$$p_0 = 0{,}16, \; P = 0{,}24$$

während für das Nebenzimmer die früheren Werthe ($p_0' = 0{,}10$, $P' = 0{,}30$) verbleiben.

Da $p_0 - p_0' = 0{,}06$, $P - P' = -0{,}06$, so wird $\bar{z} = -H$ und es convergirt die Drucklinie PQ nach einem um die Strecke H unterhalb des Bodens liegenden Punkte.

Die Luft strömt unter dem mittleren Ueberdruck

$$p_0 - p_0' - \frac{P - P'}{2} = 0,09$$

vom Nebenzimmer in das Hauptzimmer, und das Trapez APQB stellt wiederum die Stärke dieses Luftstromes dar.

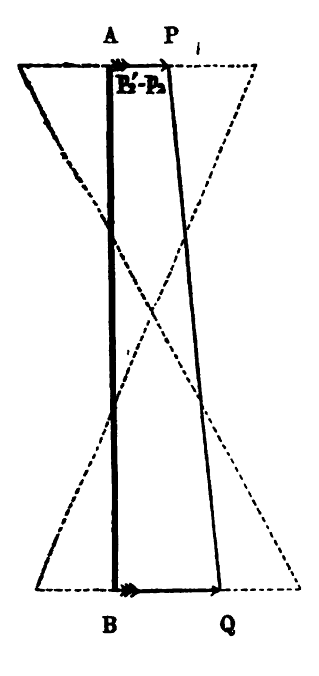


Fig. 6 veranschaulicht den durch die Werthe

$p_0 = 0,24$ $p_0' = 0,10$
$P = 0,36$ $P' = 0,30$

gegebenen Fall, wobei wiederum das Nebenzimmer seine vorige Temperatur hat, während das Hauptzimmer um 4° wärmer ist als bei Fig. 4 vorausgesetzt wurde.

Da $p_0 - p_0' = 0,14$; $P - P' = 0,06$, so schneidet die Drucklinie QP die Wand BA in einem $\frac{7}{8}$ H über dem Boden liegenden Punkt, und ein überall gleich gerichteter Luftstrom, dessen Stärke durch den Inhalt des Trapezes APQB dargestellt ist, wird von dem mittleren Ueberdruck 0,11 vom Nebenzimmer in das Hauptzimmer getrieben.

Die Fälle, in welchen der Zwischenwand die neutrale Linie fehlt, haben das gemeinsame, dass die Frage nach welcher Seite der Luftstrom geht, durch das Vorzeichen von $p_0 - p_0'$ allein entschieden wird. Der mittlere Ueberdruck ist dabei stets von der Grösse

$$p_0 - p_0' - \frac{P - P'}{2}.$$

3) Besitzt die Zwischenwand eine neutrale Linie, so hat der Luftstrom unterhalb derselben die dem oberen entgegengesetzte Richtung, und zwar strömt die Luft unten aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer, wenn

$$p_0 - p_0'$$

positiv ist, während ein negativer Werth dieser Druckdifferenz die umgekehrte Richtung anzeigt.

Es kann somit der Fall eintreten, dass die Luft an allen übrigen vertikalen Wänden eines Zimmers unten einströmt und oben abströmt, während nur an der Zwischenwand, welche das Zimmer von einem anderen scheidet, die Richtungen umgekehrt sind, nämlich die Luft durch den oberen Theil der Zwischenwand ein-, durch den unteren ausströmt.

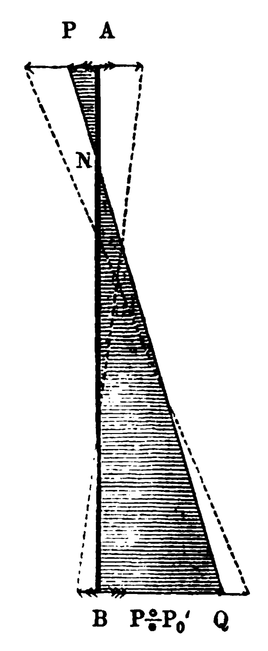


Fig. 7 stellt den Fall dar, wo die Zwischenwand eine neutrale Linie besitzt und das Nebenzimmer den eben beschriebenen eigenthümlichen Luftwechsel hat.

Die Figur ist nach den Daten

$$p_0 = 0{,}20, \; P = 0{,}30$$
$$p_0' = 0{,}03, \; P' = 0{,}09$$

gezeichnet und bezieht sich demnach ebenfalls auf die in den vorausgehenden Figuren angenommenen Zimmer. Das Hauptzimmer ist wieder in seinem anfänglichen Zustand (Fig. 4) gedacht, die Temperatur des Nebenzimmers aber um c. 14° tiefer, also nur noch um 6° höher als die Temperatur der freien Umgebung.

Es ist leicht zu beweisen, dass in allen Fällen, wo die Zwischenwand, welche zwei Zimmer von gleicher Höhe trennt, eine neutrale Linie hat, der durch die Zwischenwand vor sich gehende Luftwechsel in demjenigen der beiden Zimmer bezüglich der Richtung der Luftströme dem freien ähnlich bleibt, welches die höhere Temperatur hat.

Denn die Existenz der neutralen Linie setzt voraus, dass $p_0 - p_0'$ gleiches Vorzeichen mit $P - P'$ hat. Da die Zimmer gleich hoch sind, so ist $P - P'$ positiv oder negativ, je nachdem die Temperatur im Hauptzimmer oder im Nebenzimmer höher ist. Somit ist unter denselben Bedingungen auch die Differenz $p_0 - p_0'$ positiv oder negativ, und da deren Vorzeichen die Richtung der unteren Strömung bedingt, so erfolgt unten Einströmung in das Hauptzimmer oder in das Nebenzimmer, je nachdem ersteres oder letzteres die höhere Temperatur hat.

4) Bisher wurde die Druckvertheilung längs der Zwischenwand betrachtet, wie sie im ersten Moment stattfindet, nachdem die beiden Zimmer, die man sich vorher einzeln in freier Umgebung dachte, eben an einander gestossen wurden.

Nimmt in Folge der aus der Combination resultirenden Druckvertheilung (q) die Menge der durch die Zwischenwand in eines der beiden Zimmer eintretenden Luft stärker zu oder ab, als die Menge der durch dieselbe Wand austretenden Luft, so ist das Gleichgewicht, welches bei freier Umgebung zwischen ein- und ausströmender Luft bestand, gestört, und es stellt sich (durch Verlegung der neutralen Linien) ein neuer Beharrungzustand her.

Wir nehmen an, dass dieser neue Beharrungszustand eingetreten sei, wenn p_0 in $p_0 + \gamma$ und p_0' in $p_0' + \varrho$ übergegangen sind, und suchen γ und ϱ aus den Gleichungen des Luftwechsels beider Zimmer zu bestimmen.

a) Behufs Formirung dieser Gleichungen soll zunächst vorausgesetzt werden, dass die Zwischenwand eine neutrale Linie und das Hauptzimmer die höhere Temperatur habe. Die Veränderungen, welche etwa vorzunehmen sind, wenn diese Voraussetzungen nicht erfüllt sind, sollen später [unter b) und c)] besonders angegeben werden.

Nach Eintritt des Beharrungszustandes liegt die neutrale Linie der Zwischenwand in der Höhe

$$\frac{(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)}{P - P'} H,$$

während an den übrigen vertikalen Wänden des Hauptzimmers der Rest der neutralen Zone in der Höhe

$$\frac{p_0 + \gamma}{P} H,$$

im Nebenzimmer dagegen in der Höhe

$$\frac{p_0' + \varrho}{P'} H$$

liegt. Bezeichnet man mit λ das Lüftungsvermögen der Zwischenwand und setzt der Kürze halber

$$p_2 = P - p_0$$
$$p_2' = P' - p_0',$$

so erhält man für den Luftwechsel des Hauptzimmers die Gleichung

$$l_0 (p_0 + \gamma) + (l_1 - \lambda) \frac{(p_0 + \gamma)^2}{2 P} + \lambda \frac{[(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)]^2}{2 (P - P')}$$

$$= l_2 (p_2 - \gamma) + (l_1 - \lambda) \frac{(p_2 - \gamma)^2}{2 P} + \lambda \frac{[(p_2 - \gamma) - (p_2' - \varrho)]^2}{2 (P - P')} \quad (1$$

in welcher links das erste Glied die durch den Boden (vom Lüftungsvermögen l_0), das zweite die durch den unteren Theil der vertikalen Begrenzung, ausschliesslich der Zwischenwand, das dritte die durch den unteren Theil eben dieser Zwischenwand in das Hauptzimmer eintretende Luft-

menge bezeichnet. Die Glieder auf der rechten Seite geben die ausströmende Luftmenge und beziehen sich der Reihe nach auf die Decke, den oberen Theil der freien vertikalen Begrenzung und den oberen Theil der Zwischenwand.

Der stationäre Luftwechsel des Nebenzimmers ist dargestellt durch die Gleichung

$$l_0'(p_0'+\varrho)+(l_1'-\lambda)\frac{(p_0'+\varrho)^2}{2\,P'}+\lambda\frac{[(p_2-\gamma)-(p_2'-\varrho)]^2}{2\,(P-P')}$$

$$=l_2'(p_2'-\varrho)+(l_1'-\lambda)\frac{(p_2'-\varrho)^2}{2\,P'}+\lambda\frac{[(p_0+\gamma)-(p_0'+\varrho)]^2}{2\,(P-P')} \quad (2$$

in welcher die drei Glieder der linken Seite der Ordnung nach die Einströmung durch den Boden, den unteren Theil der freien vertikalen Begrenzung und den oberen Theil der Zwischenwand angeben, während die drei Glieder der rechten Seite die durch die übrige Begrenzung ausströmende Luftmenge ausdrücken. Die dritten Glieder sind mit denen der Gleichung (1 identisch, haben aber die Seiten gewechselt.

Zum Zweck der Auflösung nach γ und ϱ vereinfachen wir die Gleichungen (1 und (2 zunächst durch Zusammenziehen der Glieder, welche gleiche Nenner haben, und erhalten:

$$l_0\,(p_0+\gamma)+\frac{1}{2}\,(l_1-\lambda)\,(p_0-p_2+2\gamma)$$

$$=l_2\,(p_2-\gamma)-\frac{\lambda}{2}\,[(p_0-p_2)-(p_0'-p_2')+2\,(\gamma-\varrho)] \quad (1a$$

$$l_0'\,(p_0'+\varrho)+\frac{1}{2}\,(l_1'-\lambda)\,(p_0'-p_2'+2\varrho)$$

$$=l_2'\,(p_2'-\varrho)+\frac{\lambda}{2}\,[(p_0-p_2)-(p_0'-p_2')+2\,(\gamma-\varrho)] \quad (2a$$

Durch Berücksichtigung der Gleichungen des freien Luftwechsels, nämlich

$$\left\{ \begin{array}{l} l_0 p_0 + \frac{1}{2} l_1 (p_0 - p_2) = l_2 p_2 \\ l_0' p_0' + \frac{1}{2} l_1' (p_0' - p_2') = l_2' p_2' \end{array} \right\},$$

werden die einfachen Formen gewonnen:

$$L\gamma - \lambda\varrho = \frac{\lambda}{2} (p_0' - p_2') \quad \ldots\ldots\ldots (1b$$

$$L'\varrho - \lambda\gamma = \frac{\lambda}{2} (p_0 - p_2) \quad \ldots\ldots\ldots (2b$$

Aus diesen folgt endlich

$$\gamma = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L'(2p_0' - P') + \lambda(2p_0 - P)}{LL' - \lambda^2}$$

$$\varrho = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L(2p_0 - P) + \lambda(2p_0' - P')}{LL' - \lambda^2}$$

b) Da bei Aufstellung der Gleichungen (1 und (2 die Voraussetzung gemacht wurde, dass die Temperatur des Hauptzimmers höher sei als die des Nebenzimmers ($P > P'$), so scheinen ohne weiteren Nachweis auch die daraus abgeleiteten Werthe von γ und ϱ an jene Voraussetzung gebunden. Es soll gezeigt werden, dass eine solche Beschränkung nicht stattfindet.

Denn ist die Temperatur des Nebenzimmers die höhere, also $P' > P$, so ändern in beiden Gleichungen die dritten Glieder ihre Vorzeichen, und wir wissen zugleich aus Nr. 3., dass die durch die Zwischenwand vor sich gehenden Luftströmungen ihre Richtungen wechseln. Setzt man demnach jedes dritte Glied mit verändertem Vorzeichen auf die andere Seite seiner Gleichung, so erhält man diejenigen Gleichungen des Luftwechsels, welche der Voraussetzung $P' > P$ entsprechen. Letztere sind demnach nur Umformungen der Gleichungen (1 und (2.

c) Es soll nun bewiesen werden, dass die abgeleiteten

Werthe von γ und ϱ auch dann richtig sind, wenn der Zwischenwand die neutrale Linie fehlt.

Ist Letzteres der Fall, so ist die Strömung durch die Zwischenwand durchaus einseitig, und es besteht jede der beiden Gleichungen des Luftwechsels nur aus fünf Gliedern. Vier derselben beziehen sich auf freie Begrenzungen und haben die gleiche Form wie die analogen Glieder der Gleichungen (1 und (2, das fünfte stellt die Luftmenge dar, welche durch die Zwischenwand geht, ist in beiden Gleichungen identisch und von der Form

$$\frac{\lambda}{2}\left[(p_0 + \gamma') - (p_0' + \varrho') + (p_2' - \varrho') - (p_2 - \gamma')\right],$$

welche man erhält, wenn man das Lüftungsvermögen λ mit dem arithmetischen Mittel der unten und oben bestehenden Ueberdrücke multiplizirt. Dabei sind die durch den neuen Beharrungszustand gegebenen Zuwächse von p_0 und p_0' vorläufig mit γ' und ϱ' bezeichnet.

Derselbe Ausdruck wird aber auch erhalten, wenn man die dritten Glieder der Gleichungen (1 und (2 zusammenzieht (Vgl. die letzten Glieder der Umformungen (1a und (2a), und ϱ und γ durch die markirten ϱ' und γ' ersetzt.

Folglich ergeben sich unter der Voraussetzung, dass die neutrale Linie in der Zwischenwand fehlt, Gleichungen, welche lediglich Umformungen der Gleichungen (1 und (2 sind, und somit für die hier angenommenen Veränderungen γ' und ϱ' die für γ und ϱ abgeleiteten Werthe.

5. Will man den Luftwechsel beider Zimmer aus ihren Temperaturen (T, T') der Temperatur (t) der Umgebung und aus den Dimensionen und Durchlässigkeiten berechnen, so hat man zunächst P und P' aus den Formeln

$$P = H\,1{,}293\,\frac{B}{760}\cdot\frac{T - t}{270 + T + t}$$

$$P' = H\ 1{,}293\ \frac{B}{760} \cdot \frac{T' - t}{270 + T' + t}$$

herzustellen, wobei H die (gemeinschaftliche) Höhe der Zimmer und B den Barometerstand bezeichnet. Sodann werden die Lüftungsvermögen gefunden, indem man die Flächen der drei Hauptbegrenzungen (Boden, Decke, vertikale Wände), sowie der Zwischenwand mit den zugehörigen Durchlässigkeiten multiplizirt. Dann ergibt sich

$$p_0 = P\ \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{L}$$

$$p_0' = P'\ \frac{l_2' + \frac{1}{2} l_1'}{L'}$$

und $p_2 = P - p_0$, $p_2' = P' - p_0'$.

Hierauf erhält man die Werthe von γ und ϱ aus den obigen Formeln.

Nun ist zu untersuchen, ob

$$(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)$$

mit $P - P'$ von gleichem Vorzeichen ist, und ferner, wenn dieses der Fall ist, ob zugleich der absolute Werth von $(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)$ kleiner ist als der von $P - P'$.

Sind beide Bedingungen erfüllt, dann kann jede Seite der Gleichung (1 als Formel für den Luftwechsel des Hauptzimmers und jede Seite der Gleichung (2 als Formel für den Luftwechsel des Nebenzimmers benützt werden; nur hat man, wenn die dritten Glieder negativ ausfallen (weil etwa $T' > T$), dieselben unter Aenderung des Vorzeichens mit einander zu vertauschen. Ist hingegen eine der beiden Bedingungen nicht erfüllt, so ist an die Stelle des dritten Gliedes die Differenz der beiden dritten Glieder und zwar da zu setzen, wo sie positiven Werth erhält.

6. Schliesslich ist noch des extremen Falles zu gedenken, wo durch die Zwischenwand oder einen Theil derselben so viel Luft strömt, dass, um eine aequivalente Gegen-

strömung hervorzubringen, alle übrigen Wände des Zimmers sich in einem und demselben Sinn am Luftwechsel betheiligen müssen.

Dieser Fall kündigt sich für das Hauptzimmer dadurch an, dass γ grösser wird als p_2 oder dadurch dass $(-\gamma)$ grösser als p_0, und für das Nebenzimmer dadurch, dass ϱ den Werth p_2' oder $-\varrho$ den Werth p_0' überschreitet.

Zunächst ergibt eine besondere, den bisher zu solchen Zwecken angestellten analoge Betrachtung, dass die Werthe von γ und ϱ ihre Giltigkeit nicht verlieren.

Bei Berechnung des Luftwechsels sind stets diejenigen beiden Glieder, welche sich auf den freien Theil der vertikalen Begrenzung beziehen (also die zweiten Glieder der Gleichungen (1 und (2) in eines zusammenzuziehen und das erhaltene Glied auf diejenige Seite zu setzen, wo es positiv ist. Sodann ist zu unterscheiden, ob die Zwischenwand eine neutrale Linie hat oder nicht. Dieselbe ist bekanntlich vorhanden, wenn $(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)$ mit $P - P'$ von gleichem Vorzeichen und kleiner ist als letztere Differenz. Ist diese Bedingung erfüllt, dann bleiben die dritten, mit λ multiplizirten Glieder der Gleichungen (1 und (2 getrennt, und wenn sämmtliche Glieder, wie es sein muss, so versetzt sind, dass sie positive Werthe erhalten, wird eines dieser dritten Glieder allein auf einer Seite stehen, während auf der anderen Seite die vier anderen Glieder der Gleichung auftreten.

Dieser Fall ist z. B. im Nebenzimmer gegeben, wenn dasselbe abgeschlossen ist und die Temperatur der freien Umgebung hat, während die Temperatur des Hauptzimmers höher ist.

Hat die Zwischenwand keine neutrale Linie, so sind auch die dritten Glieder der Gleichungen (1 und (2 zu einem Glied zu vereinigen und die betreffende Gleichung hat nur noch vier Glieder, von welchen sich eines auf den

Fussboden, eines auf die Decke, eines auf die freie vertikale Begrenzung bezieht, während das vierte, welches der Summe der drei vorigen gleich ist, die durch die Zwischenwand strömende Luftmenge darstellt.

Will man in diesem Falle bloss die absolute Grösse des Luftwechsels eines Zimmers, ohne darnach zu fragen, in welchem Masse sich die einzelnen Begrenzungen daran betheiligen, so genügt es offenbar, die Zwischenwand allein in Betracht zu ziehen.

7. Im Allgemeinen darf bemerkt werden, dass der Einfluss, welchen ein Nebenzimmer auf die Grösse des Luftwechsels eines Zimmers hat, um so geringer ist, je kleiner das Lüftungsvermögen (λ) der Zwischenwand im Verhältniss zu den Gesammtlüftungsvermögen (L, L') ist. In sehr vielen Fällen, wo es nur auf die Gesammtgrösse des Luftwechsels ankommt und das Verhalten der Zwischenwand nicht an und für sich interessirt, kann der Einfluss des Nebenzimmers ganz vernachlässigt werden.

Zur Begründung dieser Behauptung und Veranschaulichung des Ganges der Rechnung sollen einige Beispiele, welchen erfahrungsgemässe Voraussetzungen zu Grunde gelegt sind, vollständig durchgerechnet werden.

Beispiele.

1. Von zwei Zimmern, welche, durch eine vertikale Wand von 7 m Länge und 3,6 m Höhe getrennt, neben einander liegen, ist das eine, welches wir das Hauptzimmer nennen wollen, 5 m, das andere, das Nebenzimmer 7,5 m breit.

Die Durchlässigkeit der vertikalen Begrenzungen ist 3,0, die der Decken 6,0; hingegen sind die Durchlässigkeiten der Fussböden verschieden, im Hauptzimmer 15,7, im Nebenzimmer 1,51.

Daraus berechnen sich zunächst die Lüftungsvermögen

a) für das Hauptzimmer

$$\begin{aligned} \text{Boden } l_0 &= 35 \,.\, 15{,}7 &&= 549{,}5 \\ \text{vert. Wände } l_1 &= 24 \,.\, 3{,}6 \,.\, 3 &&= 259{,}2 \\ \text{Decke } l_2 &= 35 \,.\, 6 &&= 210{,}0 \\ \hline \text{Total } L &= l_0 + l_1 + l_2 &&= 1018{,}7 \end{aligned}$$

für die Zwischenwand allein

$$\lambda = 7 \,.\, 3{,}6 \,.\, 3 = 75{,}6$$

b) für das Nebenzimmer:

$$\begin{aligned} \text{Boden } l_0' &= 52{,}5 \,.\, 1{,}51 &&= 79{,}2 \\ \text{vert. Wände } l_1' &= 29 \,.\, 3{,}6 \,.\, 3 &&= 313{,}2 \\ \text{Decke } l_2' &= 52{,}5 \,.\, 6 &&= 315{,}0 \\ \hline \text{Total } L' &= l_0' + l_1' + l_2' &&= 707{,}4 \end{aligned}$$

Ueber die Temperaturen sollen der Reihe nach zwei verschiedene Annahmen gemacht werden; der ersteren gemäss haben beide Zimmer die gleiche Temperatur, welche beträchtlich höher ist, als die Temperatur der Umgebung; die zweite hingegen setzt für das Nebenzimmer die Temperatur der Umgebung voraus.

Erste Annahme. Beide Zimmer haben die gleiche Temperatur von 20° C.; die freie Umgebung hat 0° C., der Barometerstand ist 740 mm.

Dann ist die Gewichtsdifferenz zwischen den inneren und äusseren Luftsäulen von der Basis 1 qm und der Höhe 3,6 m

$$P = P' = 3{,}6 \,.\, 1{,}293 \, \frac{740}{760} \,.\, \frac{20}{290} = 0{,}313 \text{ Kilogr.}$$

Ferner berechnet man die bei freier Umgebung am Boden und an der Decke vorhandenen Ueberdrücke aus den Gleichungen

$$p_0 = P \, \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{L} = 0{,}1043 \text{ Kilogr.}$$

$$p_2 = P - p_0 \qquad = 0{,}2087 \text{ Kilogr.}$$

$$p_0' = P' \frac{l_2' + \frac{1}{2} l_1'}{L} = 0{,}2087 \quad ,,$$

$$p_2' = P' - p_0' \qquad = 0{,}1043 \quad ,,$$

Die durch die Combination beider Zimmer bewirkten Veränderungen (γ und ϱ) der freien Ueberdrücke findet man aus den Formeln in Nr. 4. a:

$$\gamma = 37{,}8 \frac{707{,}4\,(0{,}417 - 0{,}313) + 75{,}6\,(0{,}209 - 0{,}313)}{1018{,}7 \,.\, 707{,}4 - (75{,}6)^2} = 0{,}0035$$

$$\varrho = 37{,}8 \frac{1018{,}7\,(0{,}209 - 0{,}313) + 75{,}6\,(0{,}417 - 0{,}313)}{1018{,}7 \,.\, 707{,}4 - (75{,}6)^2} = -0{,}0052$$

Schon der geringe Betrag dieser Druckänderungen, der auf der Grenze des manometrisch Nachweisbaren liegt, beweist, dass durch die Combination der beiden Zimmer nur geringe Veränderungen im Luftwechsel derselben eintreten. Jedoch interessirt uns das Verhalten der Zwischenwand, weil es uns belehrt, inwieweit der Bewohner eines Zimmers von der Beschaffenheit der Luft beeinflusst werden kann, die sich in einem anstossenden Zimmer befindet.

Um dieses zu ermitteln, haben wir der in Nro. 5 gegebenen Anleitung gemäss die Differenz

$$(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho) = -0{,}0957$$

mit

$$P - P' = 0$$

zu vergleichen.

Da der erstere Werth numerisch grösser ist als der zweite, so fehlt der Zwischenwand die neutrale Linie, und das negative Vorzeichen sagt aus, dass der durchaus gleich gerichtete Luftstrom, welcher durch die Zwischenwand fliesst, aus dem Hauptzimmer in das Nebenzimmer gerichtet ist.

Was seine Quantität betrifft, so folgt aus den allgemeinen Erwägungen in Nro. 2. a, dass dieselbe durch

$$-\lambda\,[(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)]$$

gegeben ist. Dasselbe erhält man auch, wenn man der in Nro. 5 gegebenen Regel gemäss die dritten Glieder der Gleichung des Luftwechsels (des Hauptzimmers) auf der Seite der Ausströmung zusammenzieht. Es ist nämlich

$$\lambda \frac{[(p_2 - \gamma) - (p_2' - \varrho)]^2}{2(P - P')} - \lambda \frac{[(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)]^2}{2(P - P')}$$

$$= \frac{\lambda}{2} \Big[(p_2 - \gamma) - (p_2' - \varrho) - (p_0 + \gamma) + (p_0' + \varrho)\Big]$$

und da

$$p_2 = P - p_0, \quad p_2' = P' - p_0'$$
$$P = P'$$

so folgt

$$\lambda\, [(p_0' + \varrho) - (p_0 + \gamma)]$$

wie oben.

Die Zahlenrechnung gibt 7,2 Kubikmeter pro Stunde, welche durch die Zwischenwand nach dem Nebenzimmer abfliessen, während aus diesem keine Luft in das Hauptzimmer übergeht.

Der Art nach gleich wird der Effekt in der Regel sein, wenn zwei Zimmer von gleicher oder wenig verschiedener Temperatur neben einander liegen, welche bei gleicher Durchlässigkeit der Decken verschiedene Durchlässigkeiten der Fussböden haben: der Strom durch die Zwischenwand ist einseitig und geht in dasjenige der beiden Zimmer hinein, dessen Fussboden die geringere Durchlässigkeit hat.

Um den Gesammtluftwechsel des Hauptzimmers zu finden, haben wir noch die Luftmenge

$$(l_1 - \lambda) \frac{(p_2 - \gamma)^2}{2\,P} = 12{,}3 \text{ Cbm},$$

zu berechnen, welche durch den oberen Theil der übrigen vertikalen Begrenzung abströmt, und endlich die Ausströmung durch die Decke

$$l_2\,(p_2 - \gamma) = 43{,}1 \text{ Cbm};$$

so dass der Luftwechsel des Hauptzimmers, nach der Ausströmung beurtheilt,

$$7,2 + 12,3 + 43,1 = 62,6 \text{ Cbm}$$

beträgt.

Bei allseitig freier Umgebung würde der Luftwechsel dieses Zimmers 61,8 Cbm betragen, also nur um 0,8 Cbm geringer sein.

Auch im Nebenzimmer, dessen Luftwechsel bei freier Umgebung

$$l_0' p_0' + l_1' \frac{p_0'^2}{2 P'} = 38,3 \text{ Cbm}$$

sein würde, wird durch die Combination eine kleine Zunahme erzielt, da sich sein Luftwechsel nunmehr zu

$$l_0'(p_0' + \varrho) + (l_1' - \lambda) \frac{(p_0' + \varrho)^2}{2 P'} + \lambda [(p_0' + \varrho) - (p_0 + \gamma)]$$
$$= 39,0 \text{ Cbm}$$

berechnet. Hievon kommen indessen nur 31,8 Cbm aus dem Freien, die übrigen 7,2 Cbm aus dem Hauptzimmer.

Zweite Annahme. Das Hauptzimmer habe wiederum die Temperatur von 20° C., das Nebenzimmer aber die Temperatur (0° C.) der Umgebung.

Unter diesen Voraussetzungen ist

$$P = 0,3130 \qquad P' = 0$$
$$p_0 = 0,1043 \qquad p_0' = 0$$
$$p_2 = 0,2087 \qquad p_2' = 0$$
$$\gamma = -0,0004$$
$$\varrho = -0,0056$$

Somit ist dieses Mal $(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)$ mit $P - P'$ von gleichem Vorzeichen (+) und kleiner als $P - P'$, und die Zwischenwand hat eine neutrale Linie, welche in der Höhe

$$H \frac{(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)}{P - P'} = 1,26 \text{ m}$$

über dem Fussboden liegt.

Ferner ist dadurch, dass

$$- \varrho > p_0',$$

(nach Nro. 6) angezeigt, dass die ganze übrige Begrenzung des Nebenzimmers hinaus lässt, was durch den oberhalb der neutralen Linie liegenden Theil der Zwischenwand aus dem Hauptzimmer zuströmt. Sowohl durch die Decke als durch den Boden als durch die drei an das Freie grenzenden Wände des Nebenzimmers geht Luft unter dem überall gleichen Ueberdrucke von 0,0056 Kilogr. pro Quadratmeter hinaus. Unterhalb der neutralen Linie strömt Luft durch die Zwischenwand aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer.

Der Luftwechsel des Nebenzimmers lässt sich entweder nach der Grösse der Einströmung bemessen und ist dann durch den Ausdruck

$$\lambda \cdot \frac{[(p_2 - \gamma) - (p_2' - \varrho)]^2}{2\,(P - P')}$$

gegeben, der den Werth 5,0 Cbm erhält, oder nach der Ausströmung, wobei dann der in das Hauptzimmer abströmende Theil aus

$$\lambda \cdot \frac{[(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)]^2}{2\,(P - P')} = \underline{1{,}45} \text{ Cbm}$$

und das Uebrige, was in das Freie ausströmt, aus

$$- \varrho\,(L' - \lambda) = 3{,}54 \text{ Cbm}$$

gefunden wird.

Der Luftwechsel des Hauptzimmers, nach der Einströmung bemessen, setzt sich zusammen aus

1) der Einströmung durch den Boden

$$l_0\,(p_0 + \gamma) = 57{,}1 \text{ Cbm}$$

2) der Einströmung durch den unteren Theil der Zwischenwand, obige 1,45 Cbm,

3) der Einströmung durch die übrige vertikale Begrenzung

$$(l_1 - \lambda) \frac{(p_0 + \gamma)^2}{2P} = 3{,}2 \text{ Cbm}$$

und beträgt demnach im Ganzen

$$57{,}1 + 1{,}4 + 3{,}2 = 61{,}7 \text{ Cbm.}$$

Vergleicht man die drei unter verschiedenen Umständen für den Luftwechsel des Hauptzimmers gefundenen Zahlen:

61,8 Cbm bei allseitig freier Umgebung,
62,6 „ wenn das Nebenzimmmer 20° warm ist,
61,7 „ „ „ „ abgeschlossen ist und die Temperatur (0°) der Umgebung hat,

so sieht man, dass der Einfluss des Nebenzimmers auf die Quantität des Luftwechsels im Hauptzimmer in der That sehr gering ist.

2. In dem so eben durchgerechneten Beispiel sind die Durchlässigkeiten der beiden Fussböden sowohl unter einander als auch den Decken gegenüber sehr verschieden angenommen. Es sollen zum Vergleiche noch diejenigen Resultate angegeben werden, zu welchen man kommt, wenn die Durchlässigkeiten der Fussböden sowohl unter sich als mit dem der Decken gleich gesetzt werden, während alle übrigen Werthe so bleiben wie sie im ersten Beispiele vorausgesetzt waren.

Die Lüftungsvermögen werden dann:

a) im Hauptzimmer:

Boden	210
vert. Wände	259,2
Decke	210
Total	679,2

Zwischenwand 75,6

b) im Nebenzimmer:

Boden	315
vert. Wände	313,2
Decke	315
Total	943,2

Erste Annahme. Beide Zimmer haben die gleiche Temperatur von 20° C., die freie Umgebung hat 0° C. Dann ist

$$P = P' = 0{,}3126$$

$$p_0 = p_2 = p_0' = p_2' = 0{,}1563,$$

und die neutrale Zone liegt somit bei beiden Zimmern in der Mitte der Höhe.

Ferner wird $\gamma = 0, \ \varrho = 0.$

Folglich findet durch die Zwischenwand hindurch keine Luftströmung statt, und der Luftwechsel jedes Zimmers ist geringer als bei freier Umgebung um diejenige Luftmenge, welche durch die Hälfte der Zwischenwand gehen würde.

Diese Luftmenge ist

$$\frac{\lambda}{2} \cdot \frac{p_0}{2} = 2{,}95 \text{ Cbm.}$$

Zweite Annahme. Das Hauptzimmer habe die Temperatur 20° C., das Nebenzimmer die Temperatur 0° C. der Umgebung. Dann ist

$$P = 0{,}3126$$

$$p_0 = p_2 = 0{,}1563$$

$$P' = p_0' = p_2' = 0$$

und wiederum

$$\gamma = 0, \ \varrho = 0$$

Der Luftwechsel des Nebenzimmers ist auf die Luftmenge beschränkt, welche durch die untere Hälfte der Zwischenwand nach dem Hauptzimmer abfliesst, und, wie vorhin berechnet,

2,95 Cbm

beträgt. Eine gleich grosse Luftmenge kehrt durch den oberen Theil der Zwischenwand nach dem Nebenzimmer zurück, so dass dieses Zimmer aus dem Freien keine Luft aufnimmt.

Der Luftwechsel des Hauptzimmers ist ebenso gross wie bei allseitig freier Umgebung (61,8 Cbm).

Man kann demnach den letzten Fall kurz dahin charaktersiren, dass, so lange die vorausgesetzte Temperatur der Umgebung im Nebenzimmer besteht, dieses von dem wärmeren Hauptzimmer aus mit Luft ausgespült wird. Thatsächlich wird dieses Ausspülen bald zu einer Erwärmung des Nebenzimmers führen, wodurch dann demselben ein selbständiger Luftwechsel verschafft und der Process des Ausspülens modifizirt wird.

Vierte Abhandlung.

Ueber den Luftwechsel, der bei Windstille in einer beliebigen Combination von Gemächern stattfindet, welche von einander und von der freien Luft durch poröse Wände geschieden sind.

Es soll die Aufgabe gelöst werden:

> Aus den gegebenen Dimensionen, Durchlässigkeiten und Temperaturen die Menge und Richtung der Luft zu berechnen, welche durch jede einzelne Wand der Combination hindurchgeht, nachdem das ganze System der Wände in einen Beharrungszustand eingetreten ist.

I.

1. Die Menge (dw) der Luft, welche in einer Stunde durch das Flächenelement (df) der Wand geht, wird gefunden, wenn man das Produkt aus der Grösse des Elementes in seine Durchlässigkeit (k) (also das Lüftungsvermögen des Flächenelementes) mit dem Ueberdruck (q) multiplizirt, welchen die auf der einen Seite des Elementes befindliche Luft über die auf der anderen Seite angrenzende besitzt, oder es ist

$$dw = qkdf.$$

Da k, welches constant oder eine Function der Lage des Flächenelementes sein kann, als bekannt vorausgesetzt wird, so ist zur Lösung der gestellten Aufgabe noch er-

forderlich, q als Function der Lage des Elementes df auszudrücken, d. h. die Grösse und Richtung des einseitigen Ueberdrucks zu ermitteln, welcher an jedem Flächenelement der gegebenen Combination von Gemächern besteht und Luft durch das Element hindurchtreibt.

Was zunächst die Richtung dieser Ueberdrücke betrifft, so scheint es zweckmässig, den schon in der dritten Abhandlung eingenommenen Standpunkt zu verallgemeinern und bei Aufstellung der Gleichung des Luftwechsels eines Gemachs, sowie bei Bildung der Formeln des Luftwechsels die Vorzeichen so zu handhaben, dass alle in das gerade betrachtete Gemach hinein gerichteten Ueberdrücke positiv, die aus demselben Gemach hinaus gerichteten aber negativ werden.

Demgemäss wird eine Luftmenge, welche aus einem Gemach in ein anderes übergeht, von dem ersteren aus betrachtet negativ, von dem zweiten aus positiv erscheinen.

Die Gleichung des Luftwechsels eines Gemachs wird dadurch gebildet werden, dass man jeden Ueberdruck als Differenz schreibt, deren Minuend der in das betreffende Gemach hinein gerichtete Druck ist, diese Differenz mit dem Lüftungsvermögen des Flächenelementes multiplizirt, an welchem jener Ueberdruck besteht, und die Summe aller dieser Produkte gleich Null setzt.

Hingegen hat man, um die Grösse des Luftwechsels des Gemachs zu berechnen, aus der zuletzt genannten Summe nur diejenigen Glieder auszuwählen, welche ein und dasselbe Vorzeichen haben. Die Summe der positiven Glieder stellt die Einströmung der, die (dem absoluten Werth nach gleiche) Summe der negativen Glieder die Ausströmung.

2. Zur Darlegung dieser übersichtlicheren Methode soll zunächst der Luftwechsel eines von freier Luft umgebenen Gemachs beispielsweise behandelt werden.

Es befinde sich das Gemach, dem die Ordnungszahl r

zukommen mag, in freier Umgebung von der Temperatur t. Seine eigene Temperatur sei T_r, seine Höhe H_r, der Barometerstand B, so ist der Unterschied (P_r) zwischen dem Gewichte zweier Luftsäulen von der Basis 1 und von der Höhe H_r, deren eine (Minuend) die Temperatur t, die andere die Temperatur T_r hat:

$$P_r = H_r \; 1{,}293 \; \frac{B}{760} \cdot \frac{T_r - t}{270 + T_r + t}.$$

Ist l_{ru} das Lüftungsvermögen des Bodens, l_{ro} das Lüftungsvermögen der Decke, l_r das Lüftungsvermögen der vertikalen Begrenzung so ist

$$L_r = l_{ru} + l_r + l_{ro}$$

das gesammte Lüftungsvermögen des Gemaches (r).

Der Ueberdruck, mit welchem die äussere Luft durch den Boden (von unten nach oben) und zugleich durch den untersten elementaren Streifen der vertikalen Begrenzung (in horizontaler Richtung) nach innen drängt, sei mit p_r bezeichnet, dann ist unter der Voraussetzung gleichmässiger Temperaturvertheilung für den in der Höhe z über dem Boden des Gemachs wirksamen Ueberbruck (q) allgemein zu setzen

$$q = p_r - \frac{z}{H_r} P_r,$$

wodurch diejenigen Ueberdrücke, welche Luft aus dem Zimmer hinaustreiben, negative Werthe erhalten. Insbesondere ergibt sich für den Ueberdruck durch den obersten elementaren Streifen der vertikalen Begrenzung sowie durch die Decke (wo $z = H_r$) der Werth

$$p_r - P_r.$$

Somit ist die stündlich durch die Decke strömende Luftmenge

$$l_{ro} \, (p_r - P_r)$$

und die durch den Boden strömende

$$l_{ru} \, p_r.$$

Bezeichnet man mit u den Umfang des Gemachs, mit dz die Breite der in der Höhe z liegenden elementaren Zone und mit k deren Durchlässigkeit, so ist

$$kudz\ (p_r - \frac{Z}{H_r} P_r)$$

die Luftmenge, welche in der Stunde durch die Zone strömt. Je nachdem der Werth dieses Ausdrucks positiv oder negativ ausfällt, stellt derselbe eine einströmende oder eine ausströmende Luftmenge dar. Setzt man ihn gleich Null, so erhält man einen Werth (h_r) von z, welcher angibt, wie hoch die neutrale Zone über dem Boden des Gemachs liegt, nämlich

$$h_r = \frac{p_r}{P_r} H_r.$$

3. Bildet man nun die Gleichung des Luftwechsels nach dem Princip, dass die in dem Gemach vorhandene Luftmenge durch den Luftwechsel weder zunoch abnimmt, so erhält man

$$l_{ru}\, p_r + l_{ro}\,(p_r - P_r) + \int_0^{H_r} kudz\ (p_r - \frac{z}{H_r} P_r) = 0,$$

womit ausgedrückt ist, dass die Summe der in den drei Gliedern enthaltenen positiven (einströmenden) Luftmengen der Summe der negativen (ausströmenden) gleich kommt.

Führt man die Integration aus unter der Voraussetzung, dass die Durchlässigkeit k von der Höhe z unabhängig ist, so kommt man auf die Gleichung

$$p_r\, L_r = P_r\, (l_{ro} + \frac{1}{2}\, l_r)$$

welche zur Berechnung von p_r dient.

4. Bei Berechnung der Grösse des Luftwechsels hat man das Integral in der Höhe $z = h_r$ abzutheilen. Was unterhalb liegt ist mit $l_{ru}\ p_r$, was oberhalb liegt, mit

l_{ro} $(p_r - P_r)$ von gleichem Vorzeichen. Man erhält dann für den Luftwechsel die beiden aequivalenten Ausdrücke

$$l_{ru}\, p_r + \int_0^{h_r} k u dz \left(p_r - \frac{z}{H_r} P_r\right)$$

und

$$l_{ro}\,(p_r - P_r) + \int_{hr}^{Hr} k u dz \left(p_r - \frac{z}{H_r} P_r\right),$$

von welchen derjenige, welcher positiv ausfällt, die einströmende, der negative die ausströmende Luftmenge darstellt. Offenbar besteht der erstere der beiden Ausdrücke dann aus lauter positiven Gliedern, wenn P_r positiv, d. h. die Temperatur des Gemachs höher ist als die der Umgebung. Ist hingegen $t > T_r$, dann ist P_r negativ und die Einströmung durch den zweiten Ausdruck gegeben.

Ist k von z unabhängig, so erhält man durch Ausführung der Integration die Ausdrücke

$$l_{ru}\, p_r + \frac{1}{2}\, l_r \frac{p_r^2}{P_r}$$

und

$$l_{ro}\,(p_r - P_r) - \frac{1}{2}\, l_r \frac{(p_r - P_r)^2}{P_r}$$

deren jeder für sich die Grösse des Luftwechsels darstellt.

II.

1. Wir wenden uns nun zu einem allgemeineren Fall und nehmen an, das Gemach, welchem die Ordnungszahl (r) zukommt, grenze mit dem Boden an das Gemach (u), mit der Decke an das Gemach (o), mit den vier vertikalen Wänden an die vier Gemächer (1), (2), (3), (4). Von diesen vier Nebenzimmern soll angenommen werden, dass

sie mit dem Gemach (r) im gleichen Stockwerk liegen, also mit ihm zwischen denselben horizontalen Ebenen eingeschlossen sind.

Das Lüftungsvermögen des Bodens soll mit l_{ru}, das der Decke mit l_{ro}, die Lüftungsvermögen der einzelnen vertikalen Wände mit l_{r_1}, l_{r_2}, l_{r_3}, l_{r_4} bezeichnet und $l_{r_1} + l_{r_2} + l_{r_3} + l_{r_4} = l_r$ gesetzt werden, während unter L_r die Summe $l_{ru} + l_{ro} + l_r$ verstanden ist. Ausserdem werden noch die Höhen H_r, H_u, H_o der Zimmer, ihre Temperaturen T_r, T_u, T_o, T_1, T_2, T_3, T_4, sowie die Temperatur t der Umgebung als bekannt vorausgesetzt.

Es soll eine allgemeine Methode angegeben werden, aus diesen Elementen und den analogen, welche sich auf die übrigen Gemächer der Combination beziehen, den Luftwechsel des r^{ten} Gemachs so zu berechnen, dass klar wird, in welcher Menge und Richtung die Luft durch jede einzelne Wand des Umschlusses geht.

2. Zunächst sind die Gewichtsdifferenzen

$$P_r,\ P_u,\ P_o,\ P_1,\ P_2,\ P_3,\ P_4$$

aus Formeln zu berechnen, wie

$$P = H\ 1{,}293\ \frac{B}{760}\ \frac{T - t}{270 + T + t} \quad \ldots . (1,$$

in welche successive die zusammengehörigen Werthe von H und T eingesetzt werden.

Ferner findet man die Ueberdrücke

$$p_r,\ p_u,\ p_o,\ p_1,\ p_2,\ p_3,\ p_4,$$

welche an den Fussböden der einzelnen Gemächer die äussere Luft über die innere dann besitzen würde, wenn das Gemach nur von freier Luft (von der Temperatur t) umgeben wäre, aus Gleichungen wie

$$p_r = P_r\ \frac{l_{ro} + \frac{1}{2}\, l_r}{L_r} \quad \ldots\ldots\ldots (2.$$

Damit ist die Voraussetzung eingeführt, dass längs der

Höhe jedes Gemachs die Temperatur und die Durchlässigkeit constant sind.

3. Der Einfluss der Combination soll dadurch ausgedrückt werden, dass man den freien Ueberdrücken

$$p_r,\ p_u \ldots.$$

gewisse Zuwächse

$$\gamma_r,\ \gamma_u,\ \gamma_o,\ \gamma_1,\ \gamma_2,\ \gamma_3,\ \gamma_4 \ldots.$$

beilegt, welche den einzelnen Gemächern eigenthümlich sind, so dass zu jedem Gemach ein solcher Zuwachs von bestimmter Grösse und bestimmtem Vorzeichen gehört, der im Allgemeinen nur dann Null wird, wenn das Gemach aufhört abgeschlossen zu sein, so dass die in ihm enthaltene Luft als frei gelten kann.

Es sind demnach

$$p_r + \gamma_r,\ p_u + \gamma_u,\ p_o + \gamma_o,\ p_1 + \gamma_1 \ldots.$$

die Ueberdrücke, welche während eines constanten Luftwechsels der Combination die äussere freie Luft am Fussboden der einzelnen Gemächer über die innere besitzt.

In der Höhe z über dem Boden ist der Ueberdruck der äusseren freien Luft über die innere

$$p_r + \gamma_r - \frac{z}{H_r} P_r \ldots (F_r$$

$$p_u + \gamma_u - \frac{z}{H_u} P_u \ldots (F_u$$

$$p_o + \gamma_o - \frac{z}{H_o} P_o \ldots (F_o$$

$$p_1 + \gamma_1 - \frac{z}{H_r} P_1 \ldots (F_1$$

$$p_2 + \gamma_2 - \frac{z}{H_r} P_2 \ldots (F_2$$

$$p_3 + \gamma_3 - \frac{z}{H_r} P_3 \ldots (F_3$$

$$p_4 + \gamma_4 - \frac{z}{H_r} P_4 \ldots (F_4$$

. . . .

Von diesen Ueberdrücken ist jeder, wenn er positiv ist, in dasjenige Gemach hinein gerichtet, dessen Ordnungszahl dem zugehörigen γ angehängt ist. Die negativen Ueberdrücke sind aus demselben Gemach hinaus gerichtet.

4. Um die **Gleichung des Luftwechsels** für das Gemach (r) herzustellen, hat man die **resultirenden** Ueberdrücke (q) nöthig, welche die in den umgebenden Gemächern befindliche Luft an jeder Stelle des Umschlusses über die ihr gegenüber im Gemach (r) befindliche Luft besitzt.

Diese resultirenden Ueberdrücke werden als Differenzen der freien Ueberdrücke erhalten, wobei jedesmal der auf das Gemach (r) bezügliche freie Ueberdruck den Minuenden zu bilden hat.

So findet man den resultirenden Ueberdruck (q_{ru}), welcher Luft durch den Boden des Gemachs (r) treibt, wenn man in F_r setzt $z = 0$
und in F_u „ $z = H_u$
und den zweiten der erhaltenen Werthe vom ersten subtrahirt. Oder es ist

$$q_{ru} = [F_r]_{z=0} - [F_u]_{z=H_u} = p_r + \gamma_r - (p_u + \gamma_u - P_u).$$

Der resultirende Ueberdruck (q_{ro}), welcher die Luft durch die Decke des Gemachs (r) treibt, wird erhalten, wenn

man in F_r setzt $z = H_r$,
in F_o „ $z = 0$,

und wiederum den zweiten Werth von dem ersten subtrahirt. Somit wird

$$q_{ro} = [F_r]_{z=H_r} - [F_o]_{z=0} = p_r + \gamma_r - P_r - (p_o + \gamma_o).$$

Für den resultirenden Ueberdruck, welcher in der Höhe z über dem Boden des Gemaches r besteht, erhält man vier verschiedene Werthe, weil die in der Höhe z be-

stehenden freien Ueberdrücke in den vier Nebenzimmern verschieden gross sind.

Diese vier Werthe werden erhalten, indem man der Reihe der F_1, F_2, F_3, F_4 von F_r subtrahirt, und es wird

$$q_{r_1} = (p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1) - \frac{z}{H_r}(P_r - P_1)$$

$$q_{r_2} = (p_r + \gamma_r) - (p_2 + \gamma_2) - \frac{z}{H_r}(P_r - P_2)$$

$$q_{r_3} = (p_r + \gamma_r) - (p_3 + \gamma_3) - \frac{z}{H_r}(P_r - P_3)$$

$$q_{r_4} = (p_r + \gamma_r) - (p_4 + \gamma_4) - \frac{z}{H_r}(P_r - P_4)$$

5. Da wir beabsichtigen, die Gleichung des Luftwechsels so zu bilden, dass die algebraische Summe aller in der Stunde durch die Begrenzung des Gemachs hindurch gehenden Luftmengen, oder, was dasselbe ist, der Ueberschuss der eintretenden Luft über die in derselben Zeit austretende gleich Null gesetzt wird, so darf die in der Stunde durch die Wand (r1) strömende Luftmenge zusammengefasst werden in den Ausdruck

$$\int_0^{Hr} q_{r_1}\, k_1\, a_1\, dz$$

wobei k_1 die Durchlässigkeit, a_1 die Länge der Wand bezeichnet.

Werden die durch die übrigen drei vertikalen Wände strömenden Luftmengen in analoger Weise dargestellt, so erhält man für den Luftwechsel des Gemachs (r) die Gleichung

$$l_{ru}\, q_{ru} + l_{ro}\, q_{ro} + \int_0^{H_r} dz\, (q_{r_1} k_1 a_1 + q_{r_2} k_2 a_2 + q_{r_3} k_3 a_3 + q_{r_4} k_4 a_4) = 0$$

6. Nun ist aber

$$\int_0^{Hr} dz\,(q_{r_1}\,k_1\,a_1) = [(p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1)]\,k_1\,a_1\,H_r - \frac{1}{2}\,k_1\,a_1\,H_r\,(P_r - P_1),$$

und da $k_1\,a_1\,H_r$ das Lüftungsvermögen der Wand (r1) darstellt, so lässt sich durch Substitution von l_{r_1} für $k_1\,a_1\,H_r$ das Integral umformen in

$$l_{r_1}\left[(p_r + \gamma_r) - \frac{1}{2}\,P_r) - (p_1 + \gamma_1 - \frac{1}{2}\,P_1)\right].$$

Bildet man die analogen Formen für die übrigen Wände, so wird die Gleichung des Luftwechsels

$$\begin{aligned}0 = l_{ru}\,[p_r + \gamma_r - (p_u + \gamma_u - P_u)] + l_{ro}\,[p_r + \gamma_r - P_r \\ - (p_o + \gamma_o)] \\ + l_{r_1}\left[(p_r + \gamma_r - \frac{1}{2}\,P_r) - (p_1 + \gamma_1) - \frac{1}{2}\,P_1)\right] \\ + l_{r_2}\left[(p_r + \gamma_r - \frac{1}{2}\,P_r) - (p_2 + \gamma_2 - \frac{1}{2}\,P_2)\right] \\ + l_{r_3}\left[(p_r + \gamma_r - \frac{1}{2}\,P_r) - (p_3 + \gamma_3 - \frac{1}{2}\,P_3)\right] \\ + l_{r_4}\left[(p_r + \gamma_r - \frac{1}{2}\,P_r) - (p_4 + \gamma_4 - \frac{1}{2}\,P_4)\right].\end{aligned}$$

Zwischen den Lüftungsvermögen und den Kräften p_r, P_r besteht die oben (I, 3) aus der Gleichung des freien Luftwechsels abgeleitete Beziehung:

$$\begin{aligned}l_{ru}\,p_{ru} + l_{ro}\,p_{ro} + l_{r_1}\,p_r + l_{r_2}\,p_r + l_{r_3}\,p_r + l_{r_4}\,p_r - l_{ro}\,P_r \\ - \frac{1}{2}\,l_{r_1}\,P_r - \frac{1}{2}\,l_{r_2}\,P_r - \frac{1}{2}\,l_{r_3}\,P_r - \frac{1}{2}\,l_{r_4}\,P_r = 0\end{aligned}$$

Durch Einführung derselben nimmt die Gleichung des Luftwechsels die einfachere Form an:

$$0 = l_{ru}\,[\gamma_r - (p_u + \gamma_u - P_u)] + l_{ro}\,[\gamma_r - (p_o + \gamma_o)]$$

$$+ l_{r_1}\left[\gamma_r - (p_1 + \gamma_1) + \frac{P_1}{2}\right]$$
$$+ l_{r_2}\left[\gamma_r - (p_2 + \gamma_2) + \frac{P_2}{2}\right]$$
$$+ l_{r_3}\left[\gamma_r - (p_3 + \gamma_3) + \frac{P_3}{2}\right]$$
$$+ l_{r_4}\left[\gamma_r - (p_4 + \gamma_4) + \frac{P_4}{2}\right].$$

Führt man für das gesammte Lüftungsvermögen des Zimmers das Zeichen L_r ein, und ordnet die Glieder so, dass die sieben Unbekannten

$$\gamma_r, \gamma_u, \gamma_o, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$$

auf die linke Seite der Gleichung zu stehen kommen, während auf der rechten nur Bekanntes steht, so erhält man

$$\begin{aligned} L_r \gamma_r - l_{ru}\gamma_u - l_{ro}\gamma_o - l_{r_1}\gamma_1 - l_{r_2}\gamma_2 - l_{r_3}\gamma_3 - l_{r_4}\gamma_4 \\ = l_{ro} p_o + l_{ru}(p_u - P_u) \\ - l_{r_1}\left(\frac{P_1}{2} - p_1\right) \\ - l_{r_2}\left(\frac{P_2}{2} - p_2\right) \\ - l_{r_3}\left(\frac{P_3}{2} - p_3\right) \\ - l_{r_4}\left(\frac{P_4}{2} - p_4\right) \quad . \; . \; . \quad (4. \end{aligned}$$

Eine solche Gleichung ist für jedes Gemach der Combination herzustellen, damit eben so viel Gleichungen erhalten werden, als Unbekannte (γ) vorhanden sind. Da sämmtliche Gleichungen linear ausfallen, bietet die Berechnung der Unbekannten keine Schwierigkeit.

7. Wenn einzelne Wände des Gemachs (r) an das

Freie grenzen, so ergeben sich gewisse Vereinfachungen, auf welche hingewiesen werden soll.

Grenzt z. B. das Gemach (r) mit der Wand (1) an das Freie, so sind die Ueberdrücke P_1, p_1 und γ_1 gleich Null. Ist das Gemach (r) ein Keller oder ein Zimmer des Erdgeschosses, unter welchem sich kein Keller befindet, so ist $P_u = p_u = \gamma_u =$ Null. Ein luftiger Speicher wird in der Regel als frei gelten können, so dass, wenn ein solcher Speicher über dem Gemach (r) liegt, $\gamma_o = 0$ gesetzt werden darf. Unter derselben Voraussetzung wird häufig auch die Temperatur (T_0) des Speichers der Temperatur der freien Luft so nah liegen, dass mit Annäherung auch P_0 und p_0 gleich Null gesetzt werden dürfen. Analoges gilt für Nebenzimmer, in welchen Fenster nach mehren Himmelsgegenden offen stehen.

8. Berechnung der Grösse des Luftwechsels. Nachdem die sieben mit (γ) bezeichneten Zuwächse der Ueberdrücke berechnet sind, lässt sich der Luftwechsel des Gemaches (r) durch Rechnung finden.

Zu diesem Zweck sind die negativen Glieder der Gleichung (3 von den positiven abzusondern, weil jene die ausströmenden, diese die einströmenden Luftmengen darstellen, und die Grösse des Luftwechsels durch die Einströmung allein oder durch die Ausströmung allein gegeben ist.

Die Vorzeichen der Glieder sind durch die Vorzeichen der resultirenden Ueberdrücke

$$q_{ru}, \; q_{ro}, \; q_{r1}, \; q_{r2}, \; q_{r3}, \; q_{r4}$$

bestimmt. Die ersten beiden (q_{ru} und q_{ro}), welche die Luft durch die beiden horizontalen Grenzflächen treiben, sind an allen Stellen dieser Grenzflächen gleich gross, so dass nach Berechnung ihrer Werthe die Richtungen der Luftmengen

$$l_{ru} \; q_{ru} \text{ und } l_{ro} \; q_{ro}$$

bekannt sind.

Hiegegen können die unter der Bezeichnung

$$\int_0^{Hr} q_{r_1} k_1 a_1 dz$$

inbegriffenen Summanden, von welchen jeder eine gewisse durch die vertikale Wand (r1) gehende (unendlich kleine) Luftmenge darstellt, verschiedene Vorzeichen haben, da der Ueberdruck q_{r_1} im Allgemeinen nicht constant sondern mit der Höhe z veränderlich und in der Höhe

$$h_r = H_r \frac{(p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1)}{P_r - P_1}$$

sein Vorzeichen wechselt.

Indessen können, wie aus der dritten Abhandlung bekannt ist, auch alle Summanden des obigen Integrals von gleichem Vorzeichen sein, und sind es in der That, wenn h_r gleich oder kleiner als Null, und wenn es gleich oder grösser als H_r ist.

Um die nöthige Unterscheidung zu gewinnen, ohne besondere, für den Luftwechsel nicht verwendbare Rechnungen vornehmen zu müssen, scheint es am einfachsten, den Werth von q_{r_1} sowohl für $z = 0$ für $z = H_r$ herzustellen, d. h. die Werthe

$$\mu_0 = (p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1)$$
$$\mu_2 = (p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1) - (P_r - P_1)$$

zu bilden. Sind beide von gleichem Vorzeichen, dann sind sämmtliche Ueberdrücke längs der vertikalen Wand von gleichem Vorzeichen, und es wird

$$\int_0^{Hr} q_{r_1} k_1 a_1 dz = l_{r_1} \frac{\mu_0 + \mu_2}{2}.$$

Sind die Vorzeichen von μ_0 und μ_2 verschieden, dann

erhält man durch Abtheilung des Integrals (in der Höhe h_r) die beiden Glieder

$$\int_0^{hr} q_{r1}\, k_1\, a_1\, dz = \frac{1}{2}\, l_{r1}\, \frac{\mu_0^2}{\mu_0 - \mu_2}$$

$$\int_{hr}^{Hr} q_{r1}\, k_1\, a_1\, dz = -\frac{1}{2}\, l_{r1}\, \frac{\mu_0^2}{\mu_0 - \mu_2}$$

welche verschiedene Vorzeichen haben. Das erste gibt die Luftmenge, welche durch den unteren das zweite diejenige, welche durch den oberen Theil der vertikalen Wand (r1) geht.

Da $\mu_0 - \mu_2 = P_r - P_1$ ist, so ist das erste Glied positiv und somit die durch dasselbe dargestellte Luftmenge in das Gemach (r) gerichtet, wenn in diesem Gemach die Temperatur höher ist als im anstossenden (1) u. s. f. in Uebereinstimmung mit dem in der dritten Abhandlung Nachgewiesenen.

Was hier von der Wand (r1) gesagt ist, gilt selbstverständlich für jede der vertikalen Wände.

III.

Der allgemeine Fall kann von dem soeben behandelten noch dadurch verschieden sein, dass sich über der Decke des r^{ten} Gemachs oder unter dem Fussboden desselben nicht ein Gemach sondern mehrere durch vertikale Zwischenmauern von einander getrennte Gemächer befinden, und zweitens dadurch, dass das r^{te} Gemach mit der einen oder andern seiner vertikalen Wände an einen Raum grenzt, dessen Boden tiefer und dessen Decke höher liegt als Boden und Decke des r^{ten} Gemachs. Dieser letztere Umstand findet

in einem regelmässig gebauten mehrstöckigen Wohnhause immer statt, insofern dasselbe mit einem Stiegenhause versehen ist.

1. Stehen Zwischenmauern über der Decke oder unter dem Fussboden des Gemaches (r), so zerlegen sich dadurch diese beiden horizontalen Wände in Abtheilungen, deren jede als besondere selbständige Wand in Rechnung gezogen werden muss. Somit treten dann statt der Luftmengen l_{ro} q_{ro} und l_{ru} q_{ru} ebenso viele analog gebildete Summanden auf, als Abtheilungen vorhanden sind. Dabei wird es erlaubt sein, sich die horizontalen Wände nur bis zum Anfang der vertikalen ausgedehnt zu denken und demnach die geringen Luftmengen, welche durch die unterstützten oder übermauerten Stellen dringen, zu vernachlässigen.

2. Es ist noch übrig zu zeigen, wie sich das Stiegenhaus, welches immer einen wichtigen Factor in dem Luftwechsel eines Gebäudes bilden wird, mit den übrigen Gemächern in Beziehung bringen lässt. Das Folgende gilt indessen auch für einen Saal oder irgend einen anderen Raum, der durch mehrere Stockwerke aufsteigt.

Wir nehmen an, die Hausthüre sei geschlossen, und machen auch im Uebrigen für das Stiegenhaus die gleiche Voraussetzung wie für die übrigen Gemächer, nämlich, dass es nur durch capillare Oeffnungen mit den angrenzenden Räumen und der freien Luft in Verbindung stehe und in seiner ganzen Höhe gleiche Temperatur habe.

Dann unterscheidet sich dasselbe von anderen Gemächern noch durch seine grössere Höhe und die grössere Anzahl von selbständigen vertikalen Wänden.

Sei s die Ordnungszahl des Stiegenhauses, H_s seine Höhe, T_s seine Temperatur, so lässt sich das ihm zugehörige P_s aus der in II,2 dieser Abhandlung Seite 74 gegebenen Formel (1) finden.

Hiegegen wird man, ehe man die Formel (2) zur Be-

rechnung von p_s benützt, überlegen müssen, ob die Voraussetzung, dass die Durchlässigkeit (k) von der Höhe unabhängig ist, mit hinreichender Annäherung zutrifft. Auch der Umfang (u) kann sich mit der Höhe ändern. Da diese Aenderungen indessen nicht stetig sondern von Stockwerk zu Stockwerk eintreten, so wird man ihnen durch Abtheilung des Integrals Rechnung tragen, wodurch in der Gleichung

$$p_s L_s = P_s l_{s0} + \frac{1}{2} P_s l_s$$

an die Stelle des im letzten Gliede stehenden Factors l_s, welcher das Lüftungsvermögen der gesammten vertikalen Begrenzung des Stiegenhauses darstellt, eine Grösse von der Form

$$\frac{\lambda_0 h_0 + \lambda_1 (2 h_0 + h_1) + \lambda_2 (2 (h_0 + h_1) + h_2) + \cdots}{H_s}$$

tritt wobei $h_0, h_1, h_2 \ldots$ die Höhen der einzelnen Stockwerke und $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2 \ldots$ die Lüftungsvermögen der den einzelnen Stockwerken zugehörigen vertikalen Gesammtbegrenzungen des Stiegenhauses bezeichnen.

Um den Dicken der horizontalen Wände so weit Rechnung zu tragen, dass sie in den Höhen der Stockwerke nicht fehlen — die Summe der Höhen der einzelnen Stockwerke muss hier der Höhe H_s des Stiegenhauses gleich sein —, machen wir hier bei der Berechnung von p_s die vereinfachende Annahme, dass sich die angrenzenden vertikalen Wände jedesmal bis zur Hälfte der horizontalen Zwischenschicht fortsetzen, letztere selbst aber durch eine mathematische Ebene von bestimmtem Lüftungsvermögen ersetzt ist.

Bezeichnet man mit d_{ru} die Decke der horizontalen Wand zwischen den Gemächern (r) und (u), mit d_{ro} die Dicke zwischen den Gemächern (r) und (o), so ist demnach

$$h_0 = H_u + \frac{1}{2} d_{ru}$$

$$h_1 = \frac{1}{2} d_{ru} + H_r + \frac{1}{2} d_{ro}$$

$$h_2 = \frac{1}{2} d_{ro} + H_0.$$

Die Einführung dieser Werthe ist indessen nur dann erforderlich, wenn die Gemächer (u, r, o) an das Stiegenhaus grenzen.

Die Lüftungsvermögen (λ) berechnen wir indessen stets mittelst der lichten Höhen.

3. Da das Stiegenhaus zum Theil an geschlossene Räume grenzt, ist ebenso wie bei den anderen Gemächern ein Zuwachs (γ_s) zu dem freien Ueberdrucke (p_s) vorzusehen und zur Bestimmung dieses vorerst unbekannten Zuwachses die Gleichung für den Luftwechsel des Stiegenhauses zu bilden.

In der Höhe z über der Hausflur ist der Ueberdruck aus dem Freien in das Stiegenhaus hinein.

$$F_s = p_s + \gamma_s - \frac{z}{H_s} P_s \cdot$$

Dieser Ausdruck ist für soviele Werthe von z zu berechnen, als verschiedene Horizontalebenen von Fussböden und Decken in denjenigen Gemächern vorhanden sind, welche an das Stiegenhaus oder an offene, an das Stiegenhaus mündende Gänge grenzen.

In einem regelmässig gebauten Hause zum Beispiel, auf dessen Erdgeschoss noch zwei Stockwerke aufgesetzt sind, sind diese Werthe von z (unter der Voraussetzung, dass die Gemächer (u), (r), (o) an das Stiegenhaus grenzen

$$\text{Null},\ H_u,\ H_u + d_{ur},\ H_u + d_{ur} + H_r,$$
$$H_u + d_{ur} + H_r + d_{ro},\ H_s.$$

In eben diesem Hause ist demnach

$$p_s + \gamma_s - \frac{H_u + d_{ur} + H_r}{H_s} P_s$$

der Ueberdruck, der im Niveau der Decke des ersten Stockwerks die äussere freie Luft über die im Stiegenhaus befindliche besitzt.

Man bildet nun für jede selbständige vertikale Wand, welche an das Stiegenhaus oder einen mit dem Stiegenhaus in Verbindung stehenden offenen Gang (Corridor) grenzt, die beiden oben mit μ_0 und μ_2 bezeichneten resultirenden Ueberdrücke, welche an der untersten und obersten Stelle Wand bestehen, und wie gezeigt, für den Luftwechsel der Wand massgebend sind.

Grenzt z. B. eine der vertikalen Wände des Zimmers (r), welches im ersten Stockwerk liegt, an das Stiegenhaus, so ist für diese Wand

$$\mu_0 = \left[p_s + \gamma_s - \frac{H_u + d_{ur}}{H_s} P_s\right] - (p_r + \gamma_r)$$

$$\mu_2 = \left[p_s + \gamma_s - \frac{H_u + d_{ur} + H_r}{H_s} P_s\right] - [p_r + \gamma_r - P_r],$$

und es tritt für diese Wand in die Gleichung des Luftwechsels des Stiegenhauses das Glied

$$l_{rs} \frac{\mu_0 + \mu_2}{2}$$

ein, wobei mit l_{rs} das Lüftungsvermögen der Grenzwand zwischen dem Zimmer (r) und dem Stiegenhaus (s) bezeichnet ist.

4. Somit bietet die Aufstellung der Gleichung keine Schwierigkeit: die gleich Null zu setzende algebraische Summe von Luftmengen besteht aus so vielen Gliedern als selbständige Wände zur Begrenzung des Stiegenhauses dienen.

Für eine beliebige vertikale Wand ist die Form des ihr entsprechenden Gliedes eben festgestellt worden, für horizontale Wände ist sie einfach genug um sofort angegeben werden zu können.

In die Flur eines Hauses ohne Keller z. B. strömt durch den Boden vom Lüftungsvermögen l_m die Luftmenge

$$l_{sm} (p_s + \gamma_s).$$

Ist hingegen ein Keller (m) unter der Hausflur so wird die analoge Luftmenge

$$l_{sm} [p_s + \gamma_s - (p_m + \gamma_m - P_m)].$$

Durch die Decke des Stiegenhauses vom Lüftungsvermögen l_{sa} strömt aus einem luftigen Speicher (a) ein

$$l_{sa} (p_s + \gamma_s - P_s).$$

Ist aber der Speicher als geschlossener Raum anzusehen, so wird die Luftmenge

$$l_{sa} [(p_s + \gamma_s - P_s) - (p_a + \gamma_a)].$$

Befindet sich z. B. zu ebener Erde ein gegen das Stiegenhaus offener Gang (Corridor) über welchem im ersten Stock ein geschlossener Gang liegt, so bildet die Decke des unteren Corridors, der ganz als Theil des Stiegenhauses anzusehen ist, eine horizontale Wand des Stiegenhauses, und die Luft drückt durch diese Wand aus dem oberen Corridor (c) in den unteren mit der Kraft:

$$\left(p_s + \gamma_s - \frac{H_u}{H_s} P_s\right) - (p_c + \gamma_c)$$

welche man, um das entsprechende Glied der Gleichung zu bilden, noch mit dem Lüftungsvermögen der horizontalen Wand zu multipliziren hat.

Auf diese Weise liefert das Stiegenhaus eine in Bezug auf die Unbekannten (γ) ebenfalls lineare Gleichung, welche

nur insofern etwas Ausnahmsweises bietet, als sie nicht sofort nach der in II,6 gegebenen Schablone hergestellt werden kann.

5. Will man den Luftwechsel des Stiegenhauses berechnen, was natürlich nur dann möglich ist, wenn durch Auflösung des Systems der linearen Gleichungen, die Werthe der γ wenigstens für das Stiegenhaus selbst und diejenigen Räume gefunden sind, welche an das Stiegenhaus grenzen, so hat man wieder die positiven oder die negativen Glieder der auf Null gebrachten Gleichung besonders zusammenzufassen.

Bei diesem Geschäfte machen die horizontalen Wände keinerlei Schwierigkeiten, weil das Vorzeichen der sie durchdringenden Luftmengen sofort zu Tage tritt; bei den ververtikalen hiegegen gibt das oben eingesetzte Glied

$$l_{rs} \frac{\mu_0 + \mu_2}{2}$$

nur dann einen Bestandtheil des Luftwechsels, wenn μ_0 und μ_2 von gleichem Vorzeichen sind. Haben diese Kräfte verschiedene Vorzeichen, so ist das angeschriebene Glied aufzulösen in die beiden

$$\frac{1}{2} l_{rs} \frac{\mu_0^2}{\mu_0 - \mu_2} \text{ und } - \frac{1}{2} l_{rs} \frac{\mu_2^2}{\mu_0 - \mu_2},$$

deren verschiedene Vorzeichen entgegengesetzt strömende Luftmengen andeuten.

6. Die vorstehende Lösung der gestellten Aufgabe ist an folgende Bedingungen gebunden:

1) das Gebäude befindet sich in windstiller Luft.

2) Die einzelnen Gemächer desselben stehen nur mittelst capillarer Canäle unter sich und mit der freien Luft in Verbindung. Dabei gilt ein Canal solange für capillar, als die Menge der durch ihn strömenden Luft dem die Strömung veranlassenden Ueberdrucke einfach proportional ist.

3) Die Temperatur ist in jedem Gemach gleichmässig über die Höhe vertheilt und so lange constant, bis sich ein stationärer, d. h. keine Ursache der Veränderung mehr in sich tragender Zustand (Luftwechsel) ausgebildet hat.

IV.

Versuche.

1. In dem Bestreben einen experimentellen Beleg für die Genauigkeit zu erhalten, mit welcher bei einer Combination von geschlossenen Gemächern die wirklich stattfindende Druckvertheilung mit der berechneten übereinstimmt, habe ich am 11. Dezember 1878 Abends in dem früher[1]) beschriebenen Zimmer eine Reihe von Druck- und Temperaturmessungen ausgeführt, deren Resultate hier mitgetheilt werden sollen.

Das Zimmer liegt im Erdgeschoss, nach Süden und Westen frei, grenzt im Norden an ein etwas grösseres unheizbares Zimmer, im Osten an die Hausflur, über welcher sich ein 11,6 Meter hohes Stiegenhaus erhebt. Die Hausthüre war geschlossen. Die Luft der freien Umgebung war vollkommen windstill, ihre Temperatur — 8,6° Cels., ihr Druck 732^{mm}.

Zum Zweck der Druckmessungen waren im Ganzen 7 eiserne Röhrchen angebracht, welche aus dem Versuchszimmer nach aussen führten, zwei auf der Westseite 0,12^{m} und 2,40^{m} über dem Boden, zwei in der Thüre, welche in das nördlich angrenzende Nebenzimmer führt 0,12^{m} und 1,92^{m} über dem Boden, zwei auf der Ostseite in der Thüre, welche auf die Hausflur führt, in gleicher Höhe wie auf der Nordseite, das siebente endlich war in 4^{m} Höhe durch die Zimmerdeke gesteckt und führte nach einem gut geheizten Zimmer.

---

1) Anhang zur 2. Abhandlung. Sitzungsbericht vom 6. Juli 1878 S. 493.

An jedes dieser 7 Röhrchen wurde nach und nach der Schlauch angesetzt, welcher zum inneren Niveau des Differenzialmanometers führte. Zugleich waren vier Thermometer, im Zimmer im Freien, im Nebenzimmer und im Stiegenhaus so aufgehangen, dass sie vermuthlich die mittleren Temperaturen angaben.

Während der Messungen war das Zugloch des Ofens geschlossen, Schlüssellöcher, etwaige Ritzen und Fugen, sowie die einige Millimeter weiten Röhrchen sind unbeachtet geblieben.

2. Es sollen nun die sämmtlichen Ablesungen in der Reihenfolge aufgeführt werden, in der sie gemacht wurden. Die Temperaturen sind von den Fehlern der Thermometer befreit.

Temperatur des Versuchszimmers . . . 17,9° C.
Nullpunkt des Manometers 78,8

Ablesung am Manometer, wenn der Schlauch angesteckt war

Auf der Westseite
0,12^{m} über dem Boden 86,5
2,40^{m} „ „ „ 80,6
Auf der Ostseite
0,12^{m} über dem Boden 73,0
1,92^{m} „ „ „ 70,5
Auf der Nordseite
0,12^{m} über dem Boden 81,05
1,92^{m} „ „ „ 79,3

An der Zimmerdecke 66,5
Auf der Westseite (Controle)
0,12^{m} über dem Boden 86,4
Nullpunkt des Manometers 78,7

Temperatur des Versuchszimmers . . 17,9°
„ des Nebenzimmers . . . 6,5
„ des Stiegenhauses . . . 7,0
„ im Freien . . . . — 8,6

Der Reductionsfaktor des Manometers auf vertikale Millimeter Wasser war

0,044.

Mit Hilfe desselben erhält man folgende

Zusammenstellung der beobachteten Ueberdrücke
(Kilogramm pro Quadratmeter)

Nro der Ablesung	Himmels Gegend	Höhe über dem Boden	Beobachtete Manometr. Differenz	Ueberdruck in Klgr pro qm
		Meter		
3	West	0,12	+ 7,7	0,339
4	West	2,40	+ 1,8	0,079
5	Ost	0,12	— 5,8	— 0,255
6	Ost	1,92	— $8{,}2_5$	— 0,363
7	Nord	0,12	+ 2,3	+ 0,101
8	Nord	1,92	+ 0,6	0,026
9	—	4,00	—12,2	— 0,537
10	West	0,12	+ 7,7	0,339

3. Diese Beobachtungen kann man, ohne die Durchlässigkeiten zu kennen, in folgender Weise zur Prüfung der Uebereinstimmung zwischen der theoretischen und wirklichen Druckvertheilung verwenden.

Da die Höhen und Temperaturen bekannt sind, lassen sich für die drei Gemächer:

Hauptzimmer (r), Nebenzimmer (n) und Stiegenhaus (s) die P, d. h. die Gewichtsdifferenzen zwischen den in ihnen enthaltenen und den gleich hohen äusseren Luftsäulen von der Basis 1 berechnen, und man findet

$$P_r = 3,6 \cdot 1,293 \frac{732}{760} \cdot \frac{26,5}{279,3} = 0,425,$$

$$P_n = 3,6 \cdot 1,293 \frac{732}{760} \cdot \frac{15,1}{267,9} = 0,253,$$

$$P_s = 11,6 \cdot 1,293 \frac{732}{760} \cdot \frac{15,6}{268,4} = 0,840.$$

In der Höhe z über dem gemeinschaftlichen Fussboden ist in denselben Gemächern der Ueberdruck der äusseren freien Luft über die innere gegeben durch die Ausdrücke:

$$F_r = p_r + \gamma_r - \frac{z}{3,6}\, 0,425$$

$$F_n = p_n + \gamma_n - \frac{z}{3,6}\, 0,253$$

$$F_s = p_s + \gamma_s - \frac{z}{11,6}\, 0,840$$

a) Von diesen Ueberdrücken ist der erste auf der Westseite in zwei Höhen beobachtet worden. Hat man $p_r + \gamma_r$ aus der nahe am Boden gemachten Beobachtung Nro. 3 vermittelst der Gleichung

$$0,339 = p_r + \gamma_r - \frac{0,12}{3,6}\, 0,425$$

abgeleitet, woraus

$$p_r + \gamma_r = 0,353$$

folgt, so kann man nun den Ueberdruck in jeder anderen Höhe berechnen und findet für

$$z = 2,40$$

den Ueberdruck $0,353 - \frac{2,4}{3,6}\, 0,425 = \underline{0,069}$,

während die Beobachtung in dieser Höhe den Werth

$$\underline{0{,}079}$$

ergab.

b) An der Nordseite, wo das Versuchszimmer an ein Nebenzimmer von der Temperatur 6,5° grenzt, ist der resultirende Druck in der Höhe z theoretisch dargestellt durch den Ausdruck

$$F_r - F_n = (p_r + \gamma_r) - (p_n + \gamma_n) - \frac{z}{H}(P_r - P_n),$$

woraus nach Einsetzung der bereits bekannten Werthe wird:

$$F_r - F_n = 0{,}353 - (p_n + \gamma_n) - \frac{z}{3{,}6}\,0{,}172\,.$$

Somit lässt sich zunächst mittelst der Beobachtung Nro. 7 die Grösse $(p_n + \gamma_n)$ ableiten.

Indem man setzt

$$0{,}101 = 0{,}353 - (p_n + \gamma_n) - \frac{0{,}12}{3{,}6}\,0{,}172\,,$$

erhält man

$$p_n + \gamma_n = 0{,}246.$$

Nun ist der resultirende Ueberdruck in jeder Höhe (z) der nördlichen Wand gegeben durch den Ausdruck

$$0{,}107 - \frac{z}{3{,}6}\,0{,}172$$

und man berechnet ihn für die Höhe

$$z = 1{,}92$$

zu

$$\underline{0{,}015}$$

während beobachtet wurde

$$\underline{0{,}026}\,.$$

c) Auf der Ostseite ist der resultirende Ueberdruck aus dem Stiegenhause in das Versuchszimmer theoretisch gegeben durch die Differenz

$$F_r - F_s = (p_r + \gamma_r) - (p_s + \gamma) - z_s \left(\frac{P_r}{H_r} - \frac{P_s}{H_s}\right),$$

welche nach Einführung des Bekannten übergeht in

$$0{,}353 - (p_s + \gamma_s) - 0{,}046\,z$$

Zur Bestimmung von $(p_s + \gamma_s)$ kann man die Beobachtung Nr. 5 benützen, indem man setzt

$$-0{,}255 = 0{,}353 \quad (p_s + \gamma_s) - 0{,}12 \cdot 0{,}046,$$

und findet

$$p_s + \gamma_s = 0{,}603,$$

was den Ueberdruck aus dem Freien in den Boden des Stiegenhauses darstellt.

Durch Substitution dieses Werthes erhält man als Ausdruch für den in einer beliebigen Höhe (z) der östlichen Wand bestehenden resultirenden Ueberdruck

$$-0{,}250 - 0{,}046\,z.$$

Daraus berechnet sich für die Höhe von $1{,}92^m$

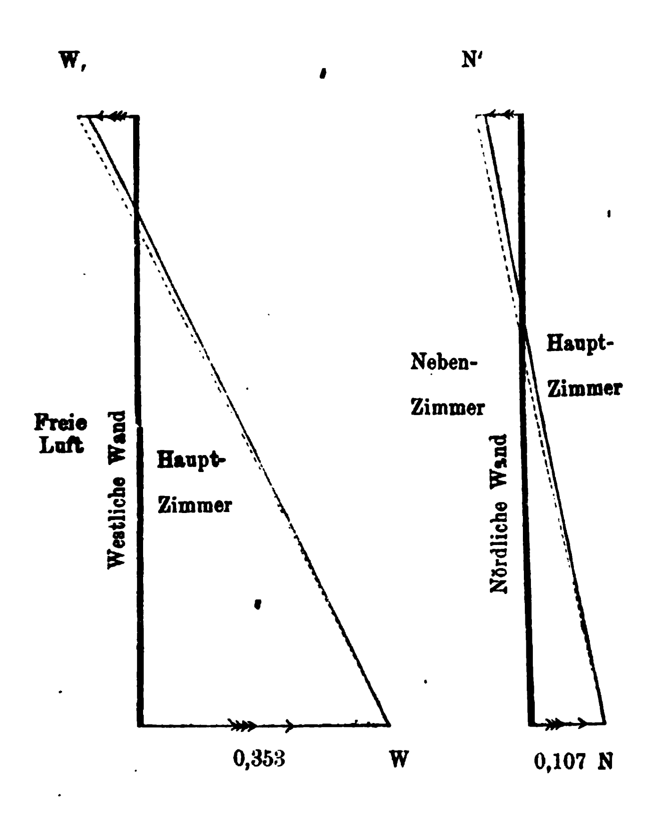
$$\underline{\underline{-0{,}338}}$$

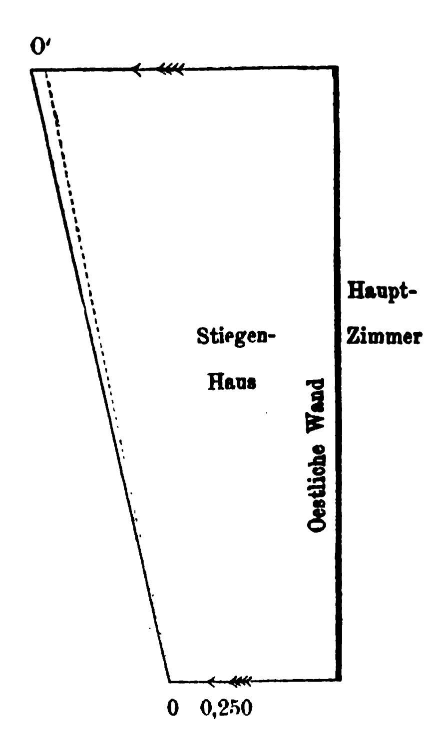
während die Beobachtung ergab

$$\underline{\underline{-0{,}363.}}$$

4. Um das Urtheil zu erleichtern, von welcher Bedeutung die zwischen der Rechnung und Beobachtung bestehenden Differenzen sind, habe ich die berechnete Druckvertheilung mit der beobachteten in den Figuren 8, 9 und 10 graphisch zusammengestellt. Hiezu dient noch folgende Bemerkung. Vermöge der geringen Höhe ($0{,}12^m$) über dem Fussboden, in welcher die Ueberdrücke Nro. 3, 5 und 7 beobachtet wurden, können die am Boden eingetragenen Kräfte 0,353, — 0,250 und 0,107 als beobachtete Elemente der

Rechnung gelten (Ordinaten am Ursprung). Theoretisch bestimmt sind hingegen die Winkel, welche die Drucklinien WW', NN', OO' mit den Wänden bilden. Eben diese Winkel sind andererseits insofern beobachtet, als für jede dieser Geraden noch ein zweiter Punkt experimentell ermittelt wurde.





Die Abweichungen scheinen mir klein genug, um die Folgerung zu rechtfertigen, dass die gewöhnlichen Zustände der Gebäude den Voraussetzungen der Rechnung mit hinreichender Annäherung genügen. Insbesondere hat sich die ungleiche Vertheilung der Temperatur über die Höhe, welcher ich die Fehler zuschreibe, nicht übermässig störend gezeigt.

Eine Anwendung auf die Anlage von Ventilationscanälen.

Druckverhältnisse, wie sie am 11. Dezember 1878 zwischen dem Versuchszimmer und dem Stiegenhause bestanden, werden an kalten Wintertagen regelmässig in jedem mehrstöckigen Wohnhause stattfinden: An Wänden, welche Zimmer des Erdgeschosses vom Stiegenhause scheiden, wird bei geschlossener Hausthüre über die ganze Höhe hin der Ueberdruck negativ, d. h. vom Zimmer aus in das Stiegenhaus hinein gerichtet sein. Und zwar wird dieses um so sicherer der Fall sein, je wärmer und je höher das Stiegenhaus ist, je besser die Hausthüre und je schlechter die Speicherthüre schliesst, und je leichter überhaupt die Luft oben aus dem Stiegenhause entweichen kann.

Daraus folgt, dass die ziemlich häufige Ventilationseinrichtung, bei welcher die frische Luft aus der Hausflur mittelst eines die Mauer durchsetzenden Canales in den Mantel des Ofens geleitet wird, welcher das zu ventilirende Zimmer heizt, wenigstens für Parterre-Lokalitäten ganz und gar zu verwerfen ist.

Diese Einrichtung führt nämlich an kalten Wintertagen, also gerade dann, wenn man sich ihr am liebsten vertrauensvoll überlassen möchte, zu dem Uebelstande, dass bei Erkaltung des Ofens unter eine sogleich näher anzugebende, möglicherweise noch ziemlich hohe Temperatur, die Luft den unseren Wünschen und Interessen entgegengesetzten Weg einschlägt, indem sie aus dem Zimmer von oben in den Mantel eintritt, am Ofen abwärts zieht und sammt der aufgenommenen Ofenwärme durch den Kanal in die Hausflur strömt.

Wenn (durch Rechnung oder Beobachtung) die Druckdifferenz (— q) bekannt ist, welche nahe am Boden zwischen dem Zimmer und dem Stiegenhaus besteht, so ist leicht anzugeben, wie hoch die mittlere Temperatur der im Mantel befindlichen Luft sein muss, damit der eben beschriebene Uebelstand vermieden wird.

Würde nämlich die Luft des Mantels nur die Temperatur der übrigen Zimmerluft haben, so würde sie mit der Kraft q durch den Kanal in die Hausflur getrieben. Ist hingegen die Luft im Mantel wärmer als im Zimmer, so ist das Gleichgewicht zwischen der Mantelluft und der aussen in der Hausflur befindlichen dann hergestellt, wenn die Gewichtsdifferenz zwischen einer dem Mantel an Höhe gleichen Säule Zimmerluft und der Mantelluft gerade den bestehenden Ueberdruck q ausgleicht. (Alle Luftsäulen über einem Quadratmeter gedacht.)

Sei h die Höhe des Mantels, T_m die mittlere Temperatur der Mantelluft, T_r die Temperatur der Zimmerluft, so ist zum Gleichgewicht erforderlich und hinreichend, dass

$$- q = h\,1{,}293\,\frac{B}{760}\cdot\frac{T_m - T_r}{270 + T_m + T_r},$$

woraus T_m berechnet werden kann, wenn die übrigen Grössen bekannt sind.

Hat (— q) die am 11. Dezember 1878 in dem Versuchszimmer beobachtete Grösse 0,255, ist ferner $h = 1{,}5_m$, $B = 732$, $T_r = 18^0$ C., so folgt

$$T_m = 66{,}4^0 \text{ Cels.}$$

Es musste also die m i t t l e r e Temperatur der Mantelluft unter den gegebenen Verhältnissen 66,4° übersteigen, wenn der Ventilations-Kanal in gewünschter Weise wirken sollte.

Versuche, welche ich an dem genannten Tage ausführte, ergaben, dass bei geschlossener Zimmercirculation und geöffnetem Ventilationskanal durch letzteren kein nachweisbarer Luftstrom ging, wenn bei abgesperrtem Ventilationskanal und geöffneter Zimmercirculation die aus dem Zimmer durch den Ofenmantel aufsteigende Luft oben mit einer Temperatur von 130° ausströmte.

Die Temperatur des Ofens musste demnach höher als 130° sein, wenn sie im Stande sein sollte, den mächtigen Einfluss des geschlossenen Stiegenhauses (Aspiration) eben noch zu paralysiren.

Als der Ofen weiter erkaltete, wurde die Geschwindigkeit des durch den Kanal in das Stiegenhaus entweichenden Luftstromes anemometrisch messbar. Derselbe entführte von nun an mit zunehmender Geschwindigkeit die Wärme aus dem Zimmer, dem er sie hätte zuführen sollen.

Um den Strom jetzt noch zur Umkehr zu zwingen, musste man die Hausthüre öffnen, wodurch die Luft der Hausflur mit der äusseren nahezu ins Gleichgewicht gesetzt wurde[1]) und folglich die aspirirende Kraft des Zimmers und Ofenmantels zur Geltung kommen konnte.

Aus diesen Ausführungen folgt die Vorschrift, dass Kanäle, welche Ofenmänteln frische Luft zuführen sollen, nicht mit der Hausflur sondern mit der freien Luft in Verbindung zu setzen sind.

Mit Rücksicht auf negativen Winddruck sollen in unseren Gegenden solche Kanäle nach Norden oder Süden frei ausmünden und an ihrer Mündung mit einer Vorrichtung versehen sein, welche geeignet ist, den Wind in den zwei zur Kanalaxe senkrechten Richtungen (West und Ost) zu fangen. Noch zuverlässiger und zugleich zur Ventilation

---

1) Vgl. den zweiten Fundamentalversuch. Erste Abhandlung I,2b.

mehrerer Zimmer verwendbar wäre ein besonderer Windkessel mit undurchdringlichen Wänden, von welchem alle Luftzufuhrkanäle auslaufen können. Dieser „Windkessel" ist mit der äusseren Luft so in Verbindung zu setzen, dass der Druck der in ihm enthaltenen Luft nie erheblich geringer werden kann als der Druck der im gleichem Niveau befindlichen freien Luft.

Herr F. Klein spricht:

„Zur Theorie der elliptischen Modulfunctionen."

Durch eine Reihe von Arbeiten, die im 14. und 15. Bande der mathematischen Annalen veröffentlicht sind, bin ich allmählich zu einer allgemeinen und im Wesentlichen neuen Auffassung der elliptischen Modulfunctionen geführt worden. Indem ich im Folgenden einige auf diese Auffassung bezüglichen Ideen entwickele, ist meine besondere Absicht, zu zeigen, dass die verschiedenen Formen, welche man den Modulargleichungen ertheilt hat und die in gewissermassen verwirrender Mannigfaltigkeit bisher unvermittelt neben einander standen, sich einem einfachen, allgemeinen Principe als sehr specielle Fälle einordnen.

I. Allgemeines über elliptische Modulfunctionen.

Die Theorie der elliptischen Modulfunctionen, wie ich sie auffasse, hat es mit allen solchen eindeutigen Functionen einer Variablen ω zu thun, welche gegenüber ganzzahligen linearen Substitutionen von der Determinante Eins:

$$\omega' = \frac{\alpha\omega + \beta}{\gamma\omega + \delta}$$

ungeändert bleiben. Diese Substitutionen brauchen im einzelnen Falle die Gesammtheit aller ganzzahligen Substitutionen dieser Art durchaus nicht zu erschöpfen; sie bilden also, allgemein zu reden, eine in der Gesammtheit enthaltene

Untergruppe. Daher scheint es mir ein erster wichtiger Schritt zu einem planmässigen Studium der elliptischen Modulfunctionen zu sein, dass man alle in der erwähnten Gesammtheit enthaltenen Untergruppen aufstellt und nach sachgemässen Rücksichten classificirt. Meine heutige Darlegung soll sich, soweit sie sich auf derartige allgemeine Fragen bezieht, auf die Besprechung einiger Classificationsprincipien und der aus ihnen hervorgehenden functionentheoretischen Folgerungen beschränken. Ich nehme dabei an, was freilich eine grosse Beschränkung ist, dass die in Betracht kommenden Untergruppen einen endlichen Index haben, d. h. dass sie einen endlichen Theil der Gesammtheit aller ω- Substitutionen umfassen.

Zuvörderst ist ersichtlich, dass alle die Gesichtspuncte, die man, seit Galois, bei endlichen Gruppen von Transformationen kennt, auch bei unendlichen Gruppen, und somit bei der Gruppe aller ω- Substitutionen ihre Bedeutung behalten. Ich spreche demnach von ausgezeichneten Untergruppen, indem ich darunter solche verstehe, die mit der Gesammtheit aller ω- Substitutionen vertauschbar sind, — oder auch von relativ ausgezeichneten Untergruppen, die, in einer umfassenderen Untergruppe enthalten, sich wenigstens mit den Substitutionen dieser umfassenderen Untergruppe vertauschbar erweisen. — Eine leichte Ueberlegung zeigt, dass in der That die Gesammtheit der ω- Substitutionen die verschiedenartigsten ausgezeichneten Untergruppen enthält, dass also die Gesammtheit, um den Galois'schen Ausdruck zu gebrauchen, eine »zusammengesetzte«, und sogar eine höchst zusammengesetzte Gruppe ausmacht.

Mein zweites Classificationsprincip gründet sich auf die arithmetische Natur der Substitutionscoëfficienten α, β, γ, δ, welche bei Substitutionen der Untergruppe vorkommen. Es ist dieses Princip gewissermassen ein empirisches.

Es hat sich nämlich gezeigt, dass sich die bei einer Untergruppe auftretenden α, β, γ, δ in vielen Fällen dadurch charakterisiren lassen, dass man Congruenzen angibt, denen diese Coëfficienten in Bezug auf einen Zahlenmodul m genügen. Ich spreche dann von einer Congruenz-Gruppe, und zwar der m^{ten} Stufe, sofern m die kleinste Zahl ist, die zur Definition der Untergruppe ausreicht. Aber es muss stark hervorgehoben werden, dass durchaus nicht alle Untergruppen Congruenz-Gruppen sind. Die Congruenzgruppen sind diejenigen, mit denen man sich bisher fast ausschliesslich beschäftigt hat; die anderen Gruppen scheinen desshalb nicht weniger interessant; nur sind sie, zunächst, weniger zugänglich.

Ich komme nun zu meinem dritten, functionentheoretischen Eintheilungsprincipe. Dasselbe dürfte insofern das wichtigste sein, als sich vermöge desselben gewisse Schwierigkeiten, welche sich bisher einem weiteren Fortschritt in der Theorie der elliptischen Modulfunctionen entgegengestellt hatten, einfach wegheben. — Ich muss dabei auf die bereits zu Eingang dieser Mittheilung citirten Arbeiten zurückgreifen. Ich zeigte in denselben an verschiedenen Stellen (Annalen, Bd. XIV p. 133, 420 etc.), dass jeder in der Gesammtheit der ω- Substitutionen enthaltenen Untergruppe vom Index μ in der ω- Ebene ein gewisses, noch in vielen Hinsichten willkürliches, Fundamentalpolygon entspricht, das aus 2μ, abwechselnd schraffirten und nicht schraffirten »Elementardreiecken« besteht, und dessen Kanten vermöge der Substitutionen der Untergruppe paarweise zusammengehören. Die geschlossene Fläche, welche durch Vereinigung der zusammengehörigen Kanten des Fundamentalpolygon's entsteht, besitzt, im Sinne der Analysis situs, ein gewisses Geschlecht, p, — und der Zahlenwerth dieses p, welches ich kurz als Geschlecht der Untergruppe bezeichne, ist mein functionentheo-

retisches Eintheilungsprincip. Es gilt vor allen Dingen, zu unterscheiden, ob $p = o$ ist, oder nicht.

An die so exponirte Theorie der Untergruppen schliesst sich nun eine Lehre von den zugehörigen Moduln, d. h. von solchen eindeutigen Functionen von ω, $M(\omega)$, die bei den Substitutionen der Untergruppe, nicht aber bei anderen Substitutionen ungeändert bleiben. Aus nahe liegenden Gründen betrachte ich hier, wo es sich um Untergruppen von endlichem Index handelt, nur solche Moduln, die innerhalb der durch das Fundamentalpolygon definirten geschlossenen Fläche keine Unstetigkeiten höherer Art besitzen; ich nenne sie algebraische Moduln. Hier wird nun sogleich das Geschlecht der Untergruppe von Wichtigkeit.

Ist $p = o$, so kann man einen zugehörigen algebraischen Modul so wählen, dass er jeden vorgegebenen Werth im Fundamentalpolygon nur einmal annimmt. Ist aber $p > o$, so muss man, um den einzelnen Punct des Fundamentalpolygon's zu bezeichnen, mindestens zwei Moduln gleichzeitig betrachten, zwischen denen dann eine Gleichung von dem betreffenden p besteht. — Dementsprechend rede ich im ersten Falle von einem Hauptmodul, im zweiten von den Moduln eines vollen System's, wobei selbstverständlich ist, dass man, im zweiten Falle, statt zweier Moduln ev. eine grössere Zahl von Moduln verwerthen kann, die dann an eine Reihe algebraischer Identitäten gebunden sind.

Man hat nun sofort folgenden Satz:

Alle zur Untergruppe gehörigen algebraischen Moduln, sowie alle algebraischen Moduln, die einer umfassenderen Untergruppe angehören, drücken sich, für $p = o$, durch den Haupt-

modul, anderenfalls durch die Moduln des vollen System's rational aus.

Dann aber nachstehendes Resultat, vermöge dessen, wie ich schon andeutete, eine vielfach aufgeworfene Frage erledigt wird:

Soll ω' mit ω durch eine Substitution einer vorgelegten Untergruppe zusammenhängen, so ist, falls $p = o$, nicht nur nothwendig, sondern auch hinreichend, dass der Hauptmodul, berechnet für ω, mit dem für ω' berechneten Hauptmodul übereinstimmt. Ist aber $p > o$, so ist für den gleichen Schluss die Gleichheit aller Moduln eines vollen System's erforderlich. —

Uebrigens spreche ich, den anderen bei den Untergruppen getroffenen Unterscheidungen entsprechend, von Congruenz-Moduln (der m^{ten} Stufe), so wie von ausgezeichneten Moduln. Nur bezüglich letzterer sei hier eine Bemerkung gestattet. Wenn die Moduln $M(\omega)$, $M_1(\omega)$, . . . das volle System einer ausgezeichneten Untergruppe bilden, so drücken sich, wie man sofort sieht, alle Werthe $M\left(\frac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta}\right)$, $M_1\left(\frac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta}\right)$, . . . durch die ursprünglichen Werthe rational aus. Nun zeigen die Ueberlegungen, die ich Annalen Bd. XV, p. 251 ff. entwickelte, dass man in solchen Fällen M, M_1, so wählen kann, dass die rationalen Ausdrücke in lineare übergehen. Etwas Aehnliches gilt für solche Untergruppen, die nicht schlechthin, sondern nur relativ ausgezeichnet sind. — Eine solche Wahl scheint in vielen Beziehungen zweckmässig, wie ich noch weiter unten hervorzuheben habe, und in der That hat man auch früher, ohne die in Rede stehenden allgemeinen Ueberlegungen zu haben, ausgezeichnete Moduln, wenn sie auftraten, immer diesem Principe entsprechend gewählt.

Zu den somit zur Sprache gebrachten allgemeinen Definitionen möchte ich hier nur einige wenige Beispiele anführen, indem ich übrigens auf meine anderen neueren Publicationen verweise:

1. Die Theorie der Modulfunctionen bekommt dadurch einen besonders einfachen Charakter, dass die Gesammtheit aller ω- Substitutionen, als Gruppe aufgefasst, das Geschlecht Null besitzt. Desshalb gibt es einen Hauptmodul, der allen anderen Moduln übergeordnet ist, die absolute Invariante J (Herrn Dedekind's Valenz, vergl. Borchardt's Journal Bd. 83).

2. Die ν^{te} Wurzel aus dem *Legendre*'schen $\varkappa^2$, sowie die ν^{te} Wurzel aus $\varkappa^2\varkappa'^2$ ist für jedes ganzzahlige ν ein Hauptmodul. Eine naheliegende Frage ist die, wesshalb in der bisher üblichen Theorie von diesen Moduln nur eine kleine Zahl auftrat, nämlich $\varkappa^2$, $\varkappa$, $\sqrt{\varkappa}$, $\sqrt[4]{\varkappa}$, $\varkappa^2\varkappa'^2$, $\varkappa\varkappa'$, $\sqrt{\varkappa\varkappa'}$, $\sqrt[4]{\varkappa\varkappa'}$, $\sqrt[3]{\varkappa^2\varkappa'^2}$, $\sqrt[3]{\varkappa\varkappa'}$, $\sqrt[6]{\varkappa\varkappa'}$, $\sqrt[12]{\varkappa\varkappa'}$. Die Antwort ist, dass unter allen Moduln $\sqrt[\nu]{\varkappa^2}$, $\sqrt[\nu]{\varkappa^2\varkappa'^2}$ nur diese Congruenzmoduln sind.

3. Als einen Hauptmodul fünfter Stufe und zugleich als einen „ausgezeichneten" Modul, der sich bei beliebigen ω-Substitutionen linear transformirt, bringe ich hier die Ikosaederirrationalität η in Erinnerung (Annalen, Bd. XIV, p. 158). Desgleichen als volle Systeme ausgezeichneter Moduln von der siebenten Stufe (die auch nach dem Princip der linearen Transformation gewählt sind): einmal die drei Verhältnissgrössen $\lambda:\mu:\nu$ (Annalen, XIV, p. 456), zwischen denen die Gleichung besteht:

$$\lambda^3\mu + \mu^3\nu + \nu^3\lambda = o,$$

dann die vier Verhältnissgrössen $x_0:x_1:x_2:x_3$ (Annalen XV, p. 268), für die man folgende Relationen hat:

$$\begin{vmatrix} x_1 & x_0 & -x_2\sqrt{2} & 0 \\ x_2 & 0 & x_0 & -x_3\sqrt{2} \\ x_3 & -x_1\sqrt{2} & 0 & x_0 \end{vmatrix} = 0.$$

Das zugehörige Geschlecht ist gleich drei.

II. Anwendung auf die Transformationstheorie.

Unter Transformation n^{ter} Ordnung sei der Uebergang von ω zu $\omega' = \frac{\omega}{n}$ verstanden, oder, was noch vortheilhafter ist, weil es die Umkehrbarkeit der in Betracht kommenden Operation deutlicher hervortreten lässt, der Uebergang von ω zu $\omega' = -\frac{n}{\omega}$. Dann ist das allgemeinste Problem, welches man aufstellen mag, dieses:

Man soll alle algebraischen Gleichungen angeben, die, einem solchen Uebergange entsprechend, zwischen irgendwie gegebenen algebraischen Moduln und ihren transformirten Werthen statthaben.

Es ist nun keineswegs meine Absicht, diess Problem in voller Allgemeinheit hier zu behandeln. Vielmehr genügt mir ein viel bescheideneres Ziel. Ich erinnere zunächst an die Gleichungen, welche zwischen $J(\omega)$ und $J(\omega') = J'$ bestehen, und die man als Prototyp aller Modulargleichungen erachten kann. Sodann wünsche ich zu zeigen, dass es unendlich viele von Vorneherein erkennbare Fälle gibt, in denen Gleichungssysteme auftreten, welche mit den zwischen J und J' bestehenden Transformationsgleichungen in allen wesentlichen Eigenschaften übereinstimmen. — Als wesentlich erachte ich dabei den Grad der Gleichung, ihre Galois'sche Gruppe und die Vertauschbarkeit der in ihr auftretenden Argumente.

Den eigentlichen Kern meiner bez. Ueberlegung bildet ein gruppentheoretischer Satz, der als selbstverständlich gelten kann. Es handelt sich darum, einzusehen, dass zwei Untergruppen m^ter^ und n^ter^ Stufe, sobald m und n theilerfremd sind, eine Untergruppe mn^ter^ Stufe gemein haben, die innerhalb der Gruppe m^ter^ Stufe dieselbe Stellung annimmt, wie die Gruppe n^ter^ Stufe innerhalb der Gesammtheit der ω-Substitutionen. Und diess folgt einfach daraus, dass irgendwelche Congruenzen, denen Zahlen α, β, γ, δ modulo m unterworfen sein mögen, mit anderen Congruenzen, denen dieselben Zahlen modulo n genügen sollen, in keiner Weise collidiren können, sobald m und n, wie vorausgesetzt, relativ prim sind.

Auf Grund dieser Anschauung prüfe man jetzt die Schlüsse, welche zur Existenz der zwischen J und J′ bestehenden Transformationsgleichung und ihren Eigenschaften hinleiten*). Man sieht dann sofort, dass der gruppentheoretische Theil derselben ungeändert bleibt, wenn man an die Stelle der Gesammtheit der ω- Substitutionen irgend eine Untergruppe m^ter^ Stufe setzt, sofern m zum Transformationsgrade n relativ prim ist. — Und nun handelt es sich, will man zu meinem allgemeinen Satze kommen, nur noch darum, diess gruppentheoretische Resultat functionentheoretisch zu interpretiren. Offenbar muss man, dem Obigen zufolge, unterscheiden, ob das Geschlecht der Untergruppe m^ter^ Stufe gleich Null ist oder nicht. Im ersteren Falle kann man auch functionentheoretisch so weiter schliessen, wie man es bei der absoluten Invariante J that; nur tritt an die Stelle von J der betr. Hauptmodul. Wir haben dann folgenden ersten Satz:

*) Man kann diese Schlüsse sehr knapp zusammenziehen, so dass gar keine Rechnung mehr erforderlich ist. Vergl. die Darstellung bei Dedekind, Borchardt's Journal Bd. 83, wo indess die Galois'sche Gruppe nicht bestimmt wird.

Ist M ein Hauptmodul m^{ter} Stufe, so bestehen für alle Transformationsgrade n, die zu m relativ prim sind, zwischen $M(\omega) = M$ und $M\left(-\frac{n}{\omega}\right) = M'$ Gleichungen, die nach Grad, Galois'scher Gruppe und Vertauschbarkeit der Argumente mit der zwischen J und J' bestehenden Transformationsgleichung übereinstimmen.

Im zweiten Falle bedarf das Schlussverfahren einer Modification, die aber, nach dem Vorausgegangenen, nicht mehr schwer zu finden ist. Statt der einen Invariante J muss man jetzt sämmtliche Moduln $M, M_1, \ldots$ eines vollen Systems gleichzeitig betrachten. Zwischen den Werthsystemen $M(\omega) = M$, $M_1(\omega) = M_1, \ldots$ und $M\left(-\frac{n}{\omega}\right) = M'$, $M_1\left(-\frac{n}{\omega}\right) = M'_1, \ldots$ findet jetzt ein Entsprechen statt, dass dem zwischen J und J' durchaus analog ist. Man hat also statt einer Gleichung zwischen zwei Grössen Das, was die Geometer eine „Correspondenz" nennen, und zwar eine Correspondenz auf einer „Curve vom Geschlechte p".

Grad und Galois'sche Gruppe dieser Correspondenz sind wieder dieselben, wie bei der zwischen J und J' bestehenden Gleichung; auch ist die Correspondenz, wie jene Gleichung, in den zweierlei in Betracht kommenden Argumenten symmetrisch.

Es ist kein Grund vorhanden, derartige Correspondenzen nicht ebenso in Betracht zu ziehen, wie jene Gleichungen; wir haben also schliesslich für jeden Transformationsgrad n unendlich viele Gleichungssysteme, die sämmtlich als Modulargleichungen bezeichnet werden können; und diess ist der Satz, um dessen Ableitung es sich bei der heutigen Gelegenheit handelte.

Dass sich nun, wie in der Einleitung bemerkt, sämmtliche bisher aufgestellten Modulargleichungen in das so gewonnene allgemeine Schema als sehr specielle Fälle einordnen, ist leicht zu sehen*); ein specieller Nachweis würde hier zu weit führen. Ich erinnere nur an die Jacobi-Sohnke'schen Modulargleichungen für $\sqrt[4]{\varkappa}$, an die Schröter'schen Modulargleichungen in irrationaler Form, etc. Dabei ist freilich eine gewisse Kritik nöthig, sobald es sich um Correspondenzen handelt. Natürlich muss man bei einer solchen Correspondenz immer den zwischen M, M_1, ... einerseits, und den zwischen M', M'_1, ... andererseits bestehenden Identitäten Rechnung tragen. Aber auch dann wird die Correspondenz nicht immer durch eine Gleichung zwischen den M, M_1, .. und den M', M'_1, .. definirt sein. Hat man also durch irgend eine Methode eine solche Gleichung gefunden, so bleibt zu untersuchen, ob sie zur vollen Definition der gewollten Correspondenz ausreicht, und wenn es nicht der Fall ist, so muss man eben noch weitere Relationen zwischen den M, M' aufsuchen**). —

---

*) Ich betone ausdrücklich, dass es sich im Texte nur um **Modulargleichungen** handelt (bei denen Vertauschbarkeit der Argumente Statt hat), nicht aber um **Multiplicatorgleichungen** oder andere verwandte Gleichungen.

) Herr stud. **Hurwitz, der mich bei solchen Untersuchungen unterstützte, wurde dabei für den 23. und 47. Transformationsgrad zu folgenden eleganten Gleichungen geführt:

$$\sqrt[4]{\varkappa\lambda} + \sqrt[4]{\varkappa'\lambda'} + \sqrt[3]{4}\,\sqrt[12]{\varkappa\varkappa'\,\lambda\lambda'} = 1,$$

$$\left[2\left(\sqrt[4]{\varkappa\lambda} + \sqrt[4]{\varkappa'\lambda'} - 1\right) - \sqrt[3]{4}\,\sqrt[12]{\varkappa\varkappa'\,\lambda\lambda'}\right]^2$$

$$= 8\left(\sqrt{\varkappa\lambda} + \sqrt{\varkappa\,\lambda'} + 1\right) - 7\sqrt[8]{16}\,\sqrt[6]{\varkappa\varkappa'\lambda\lambda'}.$$

Hier bedeuten λ, λ' in der üblichen Weise die transformirten Werthe on $\varkappa$, $\varkappa'$. Das volle System der in Betracht kommenden Moduln ist

Noch folgende Bemerkung möge hier eine Stelle finden. Es sollen die Moduln M, M_1, ... der m^{ten} Stufe ausgezeichnet und dabei so gewählt sein, dass sie sich bei beliebiger ω- Substitution linear transformiren. Dann sieht man leicht, dass die zwischen den M und M′ bestehenden Relationen bei gewissen simultanen linearen Transformationen der M, M′ ungeändert bleiben müssen. Handelt es sich also darum, die fraglichen Relationen explicite herzustellen, so kann es vortheilhaft sein, vorher alle von M, M′ abhängenden Ausdrücke zu bilden, die diese Eigenschaft der Unveränderlichkeit besitzen. Eine solche Untersuchung, die der linearen Invariantentheorie*) angehört, kann z. B. mit Nutzen bei den gewöhnlich betrachteten, zwischen $\varkappa^2$ und λ^2 bestehenden Gleichungen durchgeführt werden. Ich habe denselben Gedanken bereits früher (Annalen XIV, p. 162—164) benutzt, um für die niedrigsten Transformationsgrade die Ikosaedermodulargleichungen ohne Weiteres hinzuschreiben. Ich habe ihn neuerdings herangezogen, um wenigstens einige Modularcorrespondenzen der siebenten Stufe zu bilden. Die Moduln, welche ich dabei verwende, und die zwischen ihnen bestehenden identischen Relationen wurden bereits oben genannt. Ich

---

durch $\sqrt[4]{\varkappa}$, $\sqrt[4]{\varkappa'}$, $\sqrt[12]{\varkappa\varkappa'}$, gegeben, zwischen denen folgende Identitäten bestehen: $\left(\sqrt[4]{\varkappa}\right)^8 + \left(\sqrt[4]{\varkappa'}\right)^8 = 1$, $\left(\sqrt[12]{\varkappa\varkappa'}\right)^3 = \sqrt[4]{\varkappa} \cdot \sqrt[4]{\varkappa'}$; die zugehörige Untergruppe ist von der 48. Stufe. — Jede der beiden angegebenen Gleichungen stellt die bei ihr in Betracht kommende Correspondenz rein dar.

*) Natürlich gilt etwas Aehnliches in beschränkterem Sinne, wenn es sich nicht um ausgezeichnete Moduln schlechthin, sondern um „relativ ausgezeichnete" Moduln handelt. Hieher gehören z. B. die bekannten Regeln, welche die Art der Glieder bestimmen, die in den zwischen $\sqrt[4]{\varkappa}$, $\sqrt[4]{\lambda}$ bestehenden Gleichungen auftreten.

kann also sofort die Resultate anführen, was nunmehr zum Schlusse geschehen mag. Es sind folgende:

1) Für $n = 3$ und $n = 5$ erhält man nachstehende einfache lineare Gleichungen, deren jede zur Definition der bei ihr in Betracht kommenden Correspondenz ausreicht:

$$\lambda' \lambda + \mu' \mu + \nu' \nu = o^{*}),$$

$$x'_0 x_0 + x'_1 x_1 + x'_2 x_2 + x'_3 x_3 = o.$$

2) Die Modularcorrespondenz für $n = 2$ wird durch irgend zwei der folgenden drei Gleichungen völlig definirt:

$$x'_0 x_1 + x'_1 x_0 - \sqrt{2} \cdot x'_2 x_2 = o,$$

$$x'_0 x_2 + x'_2 x_0 - \sqrt{2}\ x'_3 x_3 = o,$$

$$x'_0 x_3 + x'_3 x_0 - \sqrt{2} \cdot x'_1 x_1 = o.$$

3) Für $n = 4$ bekommt man das einfachste**) Resultat, wenn man die $\lambda : \mu : \nu$ heranzieht. Die Correspondenz ist dann nämlich durch die eine Formel gegeben:

$$(\lambda'^2 . \lambda\mu + \mu'^2 . \mu\nu + \nu'^2 . \nu\lambda) + (\lambda^2 . \lambda'\mu' + \mu^2 . \mu'\nu' + \nu^2 . \nu'\lambda') = o,$$

sofern ausdrücklich festgesetzt wird, dass man von der evidenten (doppeltzählenden) Lösung

$$\lambda' : \mu' : \nu' = \lambda . \mu : \nu$$

absehen soll.

München, im November 1879.

---

*) Diese Gleichung stellt sich vermöge ihrer dreigliedrigen Form unmittelbar neben die bekannten Formen:

$$\sqrt{\varkappa\lambda} + \sqrt{\varkappa'\lambda'} = 1, \quad \sqrt[4]{\varkappa\lambda} + \sqrt[4]{\varkappa'\lambda'} = 1,$$

die Legendre für den dritten Grad und Gützlaff für den siebenten Grad gewonnen haben.

**) Ich hatte zunächst nur mit den $x_0 : x_1 : x_2 : x_3$ operirt; das Resultat, wie es im Texte mitgetheilt ist, rührt von Herrn Hurwitz her.

Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

Vom kgl. preuss. geodätischen Institut in Berlin:

Astronomisch-geodätische Arbeiten im J. 1878. 1879. 4°.

Von der St. Gallischen naturwissenschaftl. Gesellschaft in St. Gallen.

Bericht über ihre Thätigkeit. 1877—78. 1879. 8°.

Vom naturhistorischen Verein der preuss. Rheinlande in Bonn:

Verhandlungen. Jahrg. 35 und 36. 1878—1879. 8°.

Vom naturhistorischen Verein in Augsburg:

25. Bericht. 1879. 8°.

Von der deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin:

Berichte. 1879. 8°.

Von der Lese- und Redehalle der k. k. technischen Hochschule in Wien:

Jahresbericht. VII. Vereinsjahr 1878—79. 8°.

Von der Società Italiana di scienze naturali in Mailand:

Atti. 1877—79. 8°.

Von der Zoological Society in London:

a) Proceedings. 1879, Part. 3. 8°.
b) List of the vertebrated Animals now or lately living in the Gardens of the Zoological Society of London. 7 ed 1879. 8°.
c) Transactions. Vol. X. Part. 12. 1879. 4°.
d) Proceedings. 1879. Part. 1. 8°.

Von der Astronomical Observatory of Harvard College in Cambridge, Mass.

Annals. Vol. XI. Part. 1. Photometrio Observations by Edward C. Pickering. 1879. 4°.

Vom Comité des Schwann-Jubiläums in Lüttich:

Manifestation en l'honneur de M. le Professeur Th. Schwann. Liége, 23. Juni 1879. Liber memorialis. Düsseldorf 1879. 8°.

Von der U. S. Coast Survey Office in Washington:

Report of the Superintendent of the U. S. Coast Survey for the year 1874. 1877. 4°.

Vom Muséum d'histoire naturelle in Paris:

Nouvelles Archives. II. Serie. Tom. I. 1878. 4°.

Von der Accademia Pontificia dei Nuovi Lincei in Rom:

Atti. Anno XXXII. Sessione I e II. 1879. 4°.

Vom Institut Royal Grand-Ducal in Luxembourg:

Publications de la Section des sciences naturelles. Tom. XVII. 1879. 8°.

Von der Société botanique de France in Paris:

Bulletin. Tom. 26. Comptes rendus 1. Revue bibliogr. C. 1879. 8°.

Von der Société de géographie in Paris:

Bulletin. Oct. 1879. 8.

Vom Verein für Erdkunde in Dresden:

XVI. Jahresbericht. Wissenschaftl. Theil. 1879. 8°.

Von der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien:

Denkschriften; mathem.-naturwiss. Classe. Bd. 39. 1879. 4°
Sitzungsberichte; mathem.-naturw. Classe
I. Abth. Bd. 77 u. 78.
II. „ „ 77. 78 u. 79.
III. „ „ 77. 78 u. 79. 1878—79. 8°.

Von der naturwissenschaftl. Gesellschaft Isis in Dresden:

Sitzungsberichte. Jahrg. 1879. Jan. — Juni. 1879. 8°.

Vom Verein der Naturhistoriker in Innsbruck:

Rechenschaftsbericht über die 3 ersten Jahre seines Bestehens. 1879. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Emden:

a) 64. Jahresbericht. 1878. 1879. 8°.
b) Kleine Schriften. XVIII. Die höchste und niedrigste Temperatur von 1836 — 1877, von M. A. F. Prestel. 1879. 4°.

Vom naturwissenschaftl. Verein von Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald:

Mittheilungen. Jahrg. XI. Berlin 1879. 8°.

Von der Società di scienze naturali ed economiche in Palermo:

Giornale di scienze naturali ed economiche. Anno 1879. Vol. XIV. 4°.

Von der R. Astronomical Society in London:

Monthly Notices. Vol. 40. 1879. 8⁰.

Vom Bureau géologique de la Suède in Stockholm:

a) Sveriges Geologiska Undersökning No. 68. 69. 71. 72 der geologischen Karte mit je 1 Heft Erklärung. 1869. 8⁰ und Atlas in fol.
b) Om Floran i Skånes kolförande bildningar, of A. G. Nathorst. I. Floran vid Bjuf. Heft 2. und II. Floran vid Höganäs. 1878—79. 4⁰.

Vom Peabody Institute in Baltimore:

12. annual Report. 1879. 8⁰.

Von der Société géologique de Belgique in Liège:

Annales. Tom. 5. 1877—78. 1878. 8⁰.

Von Herrn Francesco Rossetti in Rom.

Sul potere assorbente, sul potere emissivo termico delle fiamme e sulla temperatura dell' arco voltaico. 1879. 4⁰.

Vom Herrn Eduard Regel in St. Petersburg:

Gartenflora. Sept. 1879. Stuttgart. 8⁰.

Vom Herrn L. B. Welch in Wilmington, Ohio:

An illustrated Description of prehistoric Relics found near Wilmington, Ohio. 1879. 8.

Vom Herrn Theodor von Oppolzer in Wien:

Lehrbuch zur Bahnbestimmung der Kometen und Planeten. Bd. II. Leipzig. 1880. 8⁰.

Vom Herrn E. Plantamour in Genf:

Resumé météorologique de l'année 1878 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. 1879. 8°.

Vom Herrn P. Riccardi in Modena:

Biblioteca matematica Italiana Parte II. Volume unico. 1879 4°.

Vom Herrn Piazzi Smyth in Edinburgh:

The Solar Spectrum. 1879. 4°.

Vom Herrn H. A. Hagen in Cambridge Mass. U. S. A.

Destruction of obnoxious insects. 1879. 8°.

Vom Herrn Eduard Regel in St. Petersburg:

Gartenflora. October 1879. Stuttgart. 8°.



Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1880. Heft II.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1880.

In Commission bei G. Franz.



Sitzungsberichte
der
königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Sitzung am 3. Januar 1880.

Mathematisch-physikalische Classe.

Herr v. **Bauernfeind** hielt einen Vortrag über:

Die Beziehungen zwischen Temperatur, Druck und Dichtigkeit in verschiedenen Höhen der Atmosphäre.

Der k. k. österreichische Hauptmann Herr Wilhelm Schlemüller zu Prag behandelt in einer vor Kurzem bei H. Dominicus dortselbst erschienenen und

„Der Zusammenhang zwischen Höhenunterschied, Temperatur und Druck in einer ruhenden nicht bestrahlten Atmosphäre"

betitelten kleinen Schrift das vorstehend bezeichnete Thema „auf Grund der dynamischen Gastheorie" und gelangt hiedurch fürs Erste zu einer Beziehung zwischen Höhen- und Temperaturunterschied, womit er dann weiter die Fragen über die Aenderung der Temperatur und des Drucks zwischen zwei Punkten löst, die Höhe der Atmosphäre und deren Temperatur an der oberen Begrenzung berechnet, und schliesslich eine neue Barometerformel aufstellt.

Mit Ausnahme dieser Formel kommt Herr Schlemüller genau zu denselben Ergebnissen auf welche mich meine im Jahre 1857 unter Beihilfe von 10 Studirenden des hiesigen K. Polytechnicums älterer Ordnung am Hohen Miesing an-

gestellten Messungen und namentlich meine hieran geknüpften ausführlichen Studien über die Physik der Atmosphäre geführt haben, und welche seit dem Jahre 1862 dem wissenschaftlichen Publikum aus meiner von der hiesigen literarisch-artistischen Anstalt der J. G. Cotta'schen Buchhandlung verlegten Schrift:

„Beobachtungen und Untersuchungen über die Genauigkeit barometrischer Höhenmessungen und die Temperaturänderungen der Atmosphäre"

bekannt sind. Nur Herr Schlemüller nimmt weder von meinen Beobachtungen noch von meinen Untersuchungen Notiz, obwohl die einen wie die anderen in der Literatur grosse Anerkennung und Verbreitung fanden wegen des von mir gelieferten Nachweises dass und warum man mit dem Barometer am Morgen und Abend zu kleine, am Mittag zu grosse und nur zu gewissen Vor- und Nachmittagsstunden richtige Höhen findet, und obgleich ich auf sie meine in den Jahren 1864 (Bd 62, Nr 1478 bis 1480) und 1866 (Bd 67, Nr 1587 bis 1590) in den „Astronomischen Nachrichten" erschienene Theorie der atmosphärischen Strahlenbrechung gründete, welche die Bessel'schen mittleren astronomischen Refractionen bis zu 90° Zenithdistanz genau darstellte und die am Kaukasus zuerst beobachtete Thatsache von der Abnahme des Coefficienten der terrestrischen Refraction mit der Höhe des Beobachtungsorts vollständig erklärte, was bis heute keine andere Strahlenbrechungstheorie zu leisten vermochte, weil sie alle auf ungenauen Voraussetzungen über die Aenderungen der Dichtigkeit der Atmosphäre mit der Höhe beruhen.

Da mir das völlige Stillschweigen des Herrn Hauptmanns Schlemüller über meine auch in den vier letzten Auflagen meiner „Elemente der Vermessungskunde" genannten und von andern Schriftstellern vielfach citirten Abhandlungen über barometrische Höhenmessung und Strahlen-

brechung auffiel, so wandte ich mich am 9. December 1879 schriftlich an ihn mit der Bitte mir offen zu sagen, ob ihm meine Arbeiten in Bezug auf die vorliegenden Fragen in der That unbekannt waren, oder welchen Grund er hatte dieselben mit Stillschweigen zu übergehen. Ich erhielt darauf unterm 28. Decbr nachstehende Antwort, die ich vollständig mittheile, da von dem Verfasser ein Auszug nicht gestattet ist. Nur die einzelnen Absätze habe ich mir zu beziffern erlaubt, um mich in meinen folgenden Bemerkungen leichter auf sie beziehen zu können.

Herr Hauptmann Schlemüller schreibt nämlich:

„Die kleine Abhandlung, in welcher ich den Zusammenhang zwischen Höhenunterschied, Temperatur und Druck abgeleitet zu haben glaube, stützt sich nebst den nur den Fachmännern zugänglichen Verstandesgründen auch auf die so vollkommene Uebereinstimmung der theoretisch erhaltenen Resultate mit den praktischen Beobachtungen.“ (1)

„Es kann mir nur sehr schmeichelhaft sein dass ein so vorzüglicher Beobachter der einschlägigen Verhältnisse der Atmosphäre wie Sie zu denselben Folgerungen gekommen ist wie ich, und sie durch die Praxis bestätigt gefunden hat.“ (2)

„Ich bin einer solchen Anerkennung nicht gewohnt, da meine Abhandlung sowohl von der Akademie der Wissenschaften zu Wien, sowie von einer Reihe der bedeutendsten naturwissenschaftlichen Zeitschriften, als nicht zur Veröffentlichung geeignet, zurückgewiesen wurde.“ (3)

„Der Schwerpunkt meiner Abhandlung liegt jedoch nicht in der Ableitung der barometrischen Formeln, welche Jedermann erhalten musste, der an das Gesetz g l a u b t e, die Temperaturabnahme sei proportional dem Höhenunterschiede; sondern darin dass ich mit Hilfe der dynamischen Gastheorie b e w i e s e n habe dass diese Abnahme dem Höhenunterschiede proportional sein muss.“ (4)

8*

„Hiezu war es nöthig die gegenwärtig allgemein giltige Ableitung eines Grundsatzes der dynamischen Gastheorie als falsch zu erkennen und (Seite 5 meiner Schrift, Zeile 26 u. ff.) den richtigen Satz aufzustellen." (5)

„Darin, glaube ich, liegt das Verdienst meiner Abhandlung; alles Weitere sind Consequenzen der mehrerwähnten Proportionalität, und stehe ich nicht an, Jedem der den Nachweis liefert, die Priorität in diesen Consequenzen eines früher geglaubten Satzes zuzustehen, wie Seite 9, Anmkg 1 meiner Schrift zeigt." (6)

„In erster Linie Officier, kann ich meinen wissenschaftlichen Arbeiten nur wenig Zeit und Mittel zuwenden; diess mag auch entschuldigen dass ich Ihr mir aus vielfachen Citaten bekanntes Werk nicht studirt habe; nach dessen Studium werde ich in einer eventuellen Neuauflage der Abhandlung auf Ihre Priorität bezüglich der Ableitung von

$$\frac{p}{p_0} = \left(1 - \frac{h}{H}\right)^{\epsilon} \qquad (7)$$

hinweisen."

Dieser Brief des Herrn Hauptmanns veranlasst mich auf die Entwicklung meiner Relationen über die physicalische Constitution der Atmosphäre etwas näher einzugehen, weil es sonst den Anschein haben könnte als wäre ich im Stande gewesen dieselben ohne jede vorausgegangene theoretische Erörterung einfach nur zu beobachten. Meine Entwicklung bezieht sich aber nach Seite 95 der „Beobachtungen und Untersuchungen" in erster Linie auch auf „die Temperaturabnahme nach der Höhe" (vergl. Satz 4), und lautet im Auszuge folgendermassen:

„Verstehen wir unter k einen die Abhängigkeit der Differentialgrössen des Drucks p und der Dichtigkeit ϱ der Atmosphäre bezeichnenden Coefficienten, dessen Werth aus Versuchen bestimmt werden muss, so kann man wegen der

nach Höhe und Breite sich ändernden Temperatur der Atmosphäre das Mariottesche Gesetz nicht mehr einfach durch die Proportion $dp : p = d\varrho : \varrho$ sondern nur durch die Gleichung darstellen:

$$\frac{dp}{p} = k \frac{d\varrho}{\varrho} \tag{37}$$

aus welcher sich durch Integration zunächst ergibt

$$\operatorname{Log} p = k \operatorname{Log} \varrho + C$$

und wenn p' und ϱ' Elasticität und Dichte der Atmosphäre eines anderen Punkts der Atmosphäre bezeichnen:

$$\operatorname{Log} p' = k \operatorname{Log} \varrho' + C$$

Aus den beiden letzten Gleichungen folgt durch Abziehen die Gleichheit der nachstehenden Verhältnisse zwischen Druck und Dichtigkeit:

$$\frac{p'}{p} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\varkappa} \tag{38}$$

Bezeichnet Θ die absolute Temperatur $(272{,}8 + t^0\,C)$ der Atmosphäre an der Stelle wo die Elasticität p und die Dichtigkeit ϱ stattfindet, und ist $d\Theta$ die Temperaturerhöhung welche bei constantem Druck eine Dichtigkeitsänderung $d\varrho$ bewirkt, so muss bei veränderlichem Drucke

$$\frac{d\Theta}{\Theta} = k_0 \frac{d\varrho}{\varrho} \tag{39}$$

gesetzt werden, wobei k_0 wieder einen durch Erfahrung zu bestimmenden Coefficienten bezeichnet. Diese Gleichung gibt durch Integration, wenn Θ' die absolute Temperatur der Atmosphäre an der Stelle ist wo die Elasticität p und die Dichtigkeit ϱ stattfinden:

$$\frac{\Theta'}{\Theta} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{K_0} \tag{40}$$

und da zwischen den durch p, ϱ, Θ und p', ϱ', Θ' ausgedrückten Zuständen einer Luftmasse die Beziehung besteht:

$$\frac{\Theta'}{\Theta} = \frac{p'\varrho}{p\varrho'} \tag{41}$$

so folgt durch Einsetzung des Werths von $p' : p$ aus (38) in (40) die Relation zwischen Temperatur, Dichtigkeit und Druck:

$$\frac{\Theta'}{\Theta} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\varkappa-1} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} \tag{42}$$

wobei sich also zeigt dass $k_0 = k - 1$ ist".

„Die Gleichungen (38) und (40) stimmen mit den von Poisson (in den Annales de Chimie et de Physique, Tome XXIII, pag. 339 und in Gilberts Annalen Jahrgang 1824, Seite 272) aufgestellten Formeln überein, obgleich ihre Entwickelungen und die Bedeutungen der Constanten k verschieden sind. Ich füge nun diesen zwei Gleichungen eine dritte bei welche Poisson nicht hat und die sich speciell auf die Abnahme der Temperatur mit der Höhe der Atmosphäre bezieht."

„Heisst nämlich die Höhe der Atmosphäre in einem beliebigen Punkte der Erdoberfläche h, und findet in diesem Punkte die absolute Temperatur Θ statt, so wird, wenn h um dh wächst, auch die Temperatur um $d\Theta$ zunehmen; da aber diese Aenderungen vielleicht ungleichförmig sind, so kann man zunächst nur

$$\frac{d\Theta}{\Theta} = k_1 \frac{dh}{h} \tag{43}$$

setzen und hiebei unter k_1 einen Erfahrungscoefficienten verstehen, der später aus Beobachtungen zu bestimmen ist."

„Aus dieser Gleichung findet man, wenn Θ' und h' einem zweiten Punkte der Vertikalen entsprechen, durch Integration

$$\frac{\Theta'}{\Theta} = \left(\frac{h'}{h}\right)^{\kappa_1} \tag{44}$$

wonach sich also die Temperatur Θ' für einen Punkt der um z höher liegt als der Ausgangspunkt, aus der Gleichung berechnen lässt:

$$\Theta' = \Theta\left(1 - \frac{z}{h}\right)^{\kappa_1} \tag{45}$$

Mit Rücksicht auf diese Gl (44) haben wir nunmehr folgende Beziehungen zwischen Temperatur, Dichtigkeit, Druck und Höhe der Atmosphäre:

$$\frac{\Theta'}{\Theta} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\kappa-1} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{h'}{h}\right)^{\kappa_1} \tag{46}$$

und es kommt jetzt nur mehr darauf an die Exponenten k und k_1 und die Atmosphärenhöhe h aus einer hinreichenden Zahl guter Beobachtungen zu bestimmen."

Diese Bestimmung erfolgte nach Seite 97—109 meines Buchs auf Grund von 100 Beobachtungen über die Temperaturabnahme mit der Höhe, welche in folgenden Schriften veröffentlicht sind:

1. Die thermo- und barometrischen Messungen welche Gay-Lussac auf seiner am 16. Septbr. 1804 von Paris aus unternommenen Luftreise (bis zu 7018 m über Meer) gemacht und in den Annales de Chimie, T. 52, p. 75 etc. mitgeteilt hat.
2. Die thermo- und barometrischen Beobachtungen welche John Welsh auf vier im Jahre 1852 bis zu einer höchsten Höhe von 22640 engl. Fuss ausgeführten Luftschifffahrten gemacht hat. (Vergl. die Berichte der Royal Society zu London und Petermanns Geogr. Mitteilungen 1855, S. 333 u. ff.).
3. In der nur die höheren und höchsten (5880 m) Berge berücksichtigenden Auswahl der von Ramond, Humboldt,

Saussure u. A. angestellten barometrischen Höhenmessungen, welche sich in Ramond's „Mémoires sur la formule barométrique de la mécanique céleste", Paris 1811, verzeichnet finden.

4. Die thermo- und barometrischen Beobachtungen welche in Genf und auf dem Grossen St. Bernhard in zehn Jahren (1841—1850) gemacht und von Plantamour in seinem „Résumé des observations thérmométriques et barométriques" etc., Genf 1851, mitgeteilt wurden.
5. Die meteorologischen Beobachtungen auf vier Stationen in Göttingen, Clausthal und Brocken, welche C. Prediger in seiner Schrift über die Genauigkeit barometrischer Höhenmessungen, Clausthal 1860, veröffentlicht hat.
6. Die Nivellemente nebst den thermo- und barometrischen Messungen welche ich mit zehn Gehilfen in der Zeit vom 13. bis 28. August 1857 am Grossen Miesing ausgeführt habe und deren Ergebnisse in meinen „Beobachtungen und Untersuchungen" angeführt sind.

Von den in der Tafel XLIV der letztgenannten Schrift zusammengestellten 100 Beobachtungen sind entnommen:

4 der Luftschifffahrt von Gay-Lussac (Abhdlg Nr 1),
12 der Luftschifffahrt von John Welsh (Abhdlg Nr 2),
33 den in der Abhdlg Nr 3 aufgeführten Messungen von Ramond, Humboldt, Saussure,
17 den Beobachtungen von Plantamour u. A. in dessen unter Nr 4 aufgeführten Résumé etc.,
16 den meteorologischen Beobachtungen von C. Prediger u. A. im Harz, (Abhdlg Nr 5),
18 den Beobachtungen von Bauernfeind und Gehilfen, (Abhdlg Nr 6 „Beobachtungen" etc.).

Hieraus geht hervor dass ich meine eigenen Messungen nicht über Gebühr berücksichtigt habe. Aus diesen hundert Beobachtungen wurden folgende Werthe berechnet:

Seite 105: $k' = \frac{k}{k-1} = 5,977$ und k 1,2160

Seite 109: h = 51382 Meter und $k' = 1,0227$

und ich war wohl wegen der noch immer geringen Zahl und Genauigkeit der benützten Beobachtungen berechtigt, in meinen Formeln $k = 1,2$ und $k_1 = 1$ zu setzen, wodurch diese auf Seite 110 der „Beobachtungen und Untersuchungen" die Gestalt annahmen:

$$\frac{\Theta'}{\Theta} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{6}} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\frac{1}{5}} = \frac{h'}{h} \qquad (59a)$$

Genau dieselben Beziehungen findet nun Herr Hauptmann Schlemüller „auf Grund der dynamischen Gastheorie" welche auf der schon von Daniel Bernoulli (1738) ausgesprochenen, in unserer Zeit aber von Krönig (1856, Poggendorffs Annalen, Bd 99) und von Clausius (1856, Ebendaselbst, Bd 100) weiter ausgeführten Ansicht beruht dass die Gasmolekeln den ihnen angewiesenen umschlossenen Raum in fortschreitender Bewegung durcheilen bis sie entweder an ein anderes Molekel oder an den Umschluss des gedachten Raumes anstossen, worauf sie wie vollkommen elastische Kugeln ohne Geschwindigkeitsverlust zurückkehren.

Hienach ist der stetige Druck eines Gases auf seine Begrenzung als die Wirkung unzähliger Stösse aufzufassen welche die ankommenden Molekeln ausüben. Auf Grund dieser und der weiteren zuerst von Joule ausgesprochenen Anschauung dass es erlaubt sei bei der unendlichen Mannigfaltigkeit der Bewegungsrichtungen dafür die grösste Regelmässigkeit zu setzen, entwickelte Clausius (a. a. O.) für die mittlere Geschwindigkeit u womit sich die Molekeln verschiedener Gase bei gegebener Temperatur bewegen, die Formel

$$u = \sqrt{3\,g\,P\,v} \qquad (\alpha)$$

worin P den Druck des Gases (in Kilogramm) auf die Flächeneinheit (den Quadratmeter), v das Volumen eines Kilogramms Gas (in Cubikmeter) und g die Beschleunigung der Schwere bedeutet.

Statt dieser Formel stellt Hr Schlemüller die andere auf:

$$V = 2 \sqrt{3 g P_0 V_0 (1 + \alpha \tau)} \qquad (\beta)$$

in welcher V mit u gleichbedeutend ist, P_0 den Normaldruck des Gases auf die Flächeneinheit, V_0 das Volumen eines Kilogramms Gas bei 0°, τ die Temperatur des Gases in Centigrad, g die Beschleunigung der Schwere und α den Ausdehnungscoefficienten der Gase 0,003665 bezeichnet. Da somit $P_0 V_0 (1 + \alpha \tau)$ in der letzten Formel die gleiche Bedeutung hat wie P v in der ersten, so setzt also Herr Schlemüller die Moleculargeschwindigkeit V doppelt so gross als Clausius, Joule u. A., nämlich $V = 2u$, und hierauf bezieht sich der mit (5) bezeichnete Satz in dessen Briefe vom 18. December 1879.

Nach der Discussion der Formel (β) auf Seite 6 leitet Herr Schlemüller auf Seite 9 und 10 seiner Schrift das Gesetz der Temperaturabnahme wie folgt ab. Beginnt ein Molekel an der Erdoberfläche seinen Lauf, so wird es bei der vorausgesetzten Mannigfaltigkeit der Bewegungsrichtungen vielfach mit anderen Molekeln zusammenstossen; da aber alle vollkommen elastisch sind, so wechseln je zwei zusammenstossende Geschwindigkeit und Richtung aus, d. h. das erstere (untere) Molekel kehrt nach unten, das zweite (obere) nach oben zurück, so zwar dass das eine den Weg des anderen fortsetzt. Es ist desshalb erlaubt anzunehmen dass jedes Molekel gerade oder schief bis an die Grenze der Atmosphäre aufsteige. Hiebei verliert es nach mechanischen Gesetzen beständig an Geschwindigkeit in Folge der gegen den Erdmittelpunkt wirkenden Beschleunigung der Schwere. In der Geschwindigkeitshöhe wird die Ge-

schwindigkeit Null und das Teilchen beginnt seine Bewegung abwärts, wobei es in den Punkten seiner Bahn dieselben Geschwindigkeiten erlangt wie beim Aufsteigen.

Bedeutet nun V die ebenbezeichnete Moleculargeschwindigkeit in der Entfernung R vom Erdmittelpunkte, V_1 jene in dem Abstande R + h, und wird vorläufig die Beschleunigung der Schwere in R und R + h als gleich angenommen, so muss die Gleichung statt finden:

$$\frac{V^2}{2g} - \frac{V_1{}^2}{2g} = h$$

Setzt man hierin für V und V_1 die der Formel (β) entsprechenden Werte und heisst die Temperatur an der Erdoberfläche $= \tau$ und in der Höhe h $= \tau_1$ so folgt

$$\tau - \tau_1 = \frac{h}{6\,\alpha\,P_0\,V_0} = ch \qquad (\gamma)$$

wobei c für den reciproken Wert von $6\,\alpha\,P_0\,V_0$ geschrieben ist. Diese Gleichung besagt dass (ohne Rücksicht auf die Aenderung der Beschleunigung der Erdschwere) der Temperaturunterschied in zwei übereinanderliegenden Punkten der Atmosphäre deren Höhenunterschied proportional ist, und es führt diese Gleichung in Verbiudung mit der

$$H = \frac{V^2}{2g} = 6\alpha\,P_0 V_0 T$$

und der Gleichheit von $\tau - \tau_1$ und $T - T_1$ sofort zu dem Gesetze

$$\frac{T_1}{T} = \frac{H_1}{H} \qquad (\delta$$

wenn T und T_1 die absoluten Temperaturen $(273 + \tau)$ und $(273 + \tau_1)$ an der Erdoberfläche und in der Höhe h, H die Höhe der Atmosphäre und H_1 den Höhenunterschied $H - h$ bezeichnet. Dieses Gesetz (δ) entspricht aber ganz

genau der in meinen Beobachtungen und Untersuchungen (Seite 110) aufgestellten Relation (59):

$$\frac{\Theta^1}{\Theta} = \frac{h^1}{h}$$

da $\Theta = T$, $\Theta^1 = T_1$, $h = H$ und $h_1 = H - h = H_1$ ist.

Die Ableitung der Formeln (γ) oder (δ) ist nach Aussage des mit (4) bezeichneten Satzes in vorstehendem Briefe das Hauptverdienst des Herrn Hauptmanns Schlemüller, weil er das was ich mit Anderen (darunter Lagrange, Laplace, Gauss, Bessel) bloss geglaubt haben soll, bewiesen hat: als ob in naturwissenschaftlichen Fragen, und namentlich wenn es sich um Naturgesetze oder deren genäherte Ausdrücke handelt, die systematisch verwerteten Beobachtungen nicht mindestens denselben Wert hätten als auf Hypothesen beruhende theoretische Ableitungen!

In dem ersten Abschnitte seiner Schrift (Seite 8) behauptet Herr Hauptmann Schlemüller auch dass man es bisher nicht verstanden habe den Höhenunterschied, für welchen die Temperatur um 1 °C abnimmt, aus einer rationellen Formel zu entwickeln. Er zieht ferner aus seiner Formel (γ), indem er für P_0 den Normaldruck der Luft auf 1 □Meter (10328 Kilogr.) und für V_0 das Volumen trockener Luft (0,7732 Cbk.-Meter) setzt welches 1 Kilogramm wiegt, den fraglichen Höhenunterschied

$$h = 6\,\alpha\, P_0\, V_0 = 175{,}61^m$$

vergleicht dieses Resultat der Rechnung mit dem von ihm aus drei auf Beobachtungen gestützten Angaben (von Reich, Boussingault, Schlagintweit) gezogenen Mittel von 175^m und leitet aus der Uebereinstimmung beider Werthe ebenfalls einen Beweis für die Richtigkeit seiner Theorie her. Ohne mich hierüber in eine weitere Erörterung einzulassen, bemerke ich nur dass ich in Nr 64 Seite 117 meiner „Beobachtungen und Untersuchungen" die Formel aufgestellt habe

$$z = 173,^{m}5 \ (1 + 0,069 \cos 2\psi)$$

wonach der Höhenunterschied z für 1°C bei 45° Breite gerade 173,5m beträgt und für höhere Breiten etwas kleiner, für niedere etwas grössser wird; ein Ergebniss welches von der Folgerung des Herrn Schlemüller im Grunde nur durch den Factor $(1 + 0,069 \cos 2\psi)$ abweicht, welcher dort der Einheit gleich ist.

Zum zweiten Abschnitte der in Rede stehenden Schlemüllerschen Schrift, welcher von der Höhe der Atmosphäre handelt und diese gleich

$$H = 6\, \alpha\, P_0\, V_0\, T = h\, T = 175,61\ T$$

findet, will ich nur bemerken: erstens dass meine Formel (58) auf Seite 110 der Beobachtungen und Untersuchungen

$$H = \frac{z \,.\, \Theta}{\Theta - \Theta^1} = 173,5\ \Theta = 173,5\ T$$

und für T = 272,8 + 9,5 (wobei 9,4° C die Mitteltemperatur bei 45° Breite bedeutet) H = 48980m, also einen von dem Schlemüller'schen kaum verschiedenen Werth liefert, und zweitens dass auch nach meinen Aufstellungen die Temperatur an der Grenze der Atmosphäre — 273° C beträgt, entsprechend der Bedingung dass dort die Elasticität der Luft oder der Ausdruck $1 + at = o$ sein muss.

Im dritten Abschnitte seiner Schrift behandelt Herr S. den Zusammenhang zwischen Höhenunterschied und Druck, und gelangt hiebei zu zwei Formeln für die barometrische Höhenmessung: die erste mit ($\varkappa$) bezeichnete (Seite 16) nimmt auf die Abnahme der Schwerebeschleunigung mit wachsender Höhe keine Rücksicht, die andere (μ) auf Seite 17 führt die angedeutete Veränderung in der Beschleunigung ein. Es liegt jedoch nicht in meiner Absicht mich hier auf eine nähere Discussion dieser Formeln einzulassen, obwohl es Herr S. nach dem Absatz (4) seines Briefs zu erwarten

scheint; mein dermaliges Interesse gilt bloss der in Absatz (7) des eben genannten Briefs erwähnten Relation

$$\left(\frac{p}{p_u}\right)^{\frac{1}{6}} = \frac{H-h}{H} = 1 - \frac{h}{H} \qquad (\lambda)$$

welche vollständig mit meiner Formel 59 a (Seite 110 meiner Beobachtungen)

$$\left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{6}} = \frac{h'}{h} = \frac{h-z}{h} = 1 - \frac{z}{h} \qquad (59^a)$$

übereinstimmt, da p in $(\lambda) = p'$ in (59^a), p_u in $(\lambda) = p$ in (59^a), H in $(\lambda) = h$ in (59^a) und h in $(\lambda) = z$ in (59^a) ist.

Im vierten Abschnitte (Seite 19 seiner Schrift) stellt Herr S. den Zusammenhang zwischen Temperatur und Druck durch die Gleichung dar

$$\frac{p_o}{p_u} = \left(\frac{1+\alpha t_o}{1+\alpha t_u}\right)^6 = \left(\frac{T_o}{T_u}\right)^6$$

welche besagt dass die Drücke in zwei verschieden hohen Punkten der Atmosphäre sich wie die sechsten Potenzen der absoluten Temperaturen verhalten. Genau dasselbe drückt aber meine schon oft angeführte Relation (59^a) aus welche in Bezug auf Temperatur und Druck lautet:

$$\frac{p'}{p} = \left(\frac{1+\alpha t'}{1+\alpha t}\right)^6 = \left(\frac{\Theta'}{\Theta}\right)^6$$

und worin mit Rücksicht auf die vorausgehende Formel $p' = p_o$, $p = p_u$, $\Theta' = T_o$, $\Theta = T_u$ ist.

Ueber die Dichtigkeit der Luft in verschiedenen Höhen erstrecken sich die Betrachtungen des Herrn Haupt Schlemüller nicht; die Ausdrücke für die Dichtigkeit der Luft an zwei ungleich hoch gelegenen Punkten, die wir unten D_u und oben D_o nennen wollen, sind aber nur eine einfache mathematische Folge aus den bereits mitgetheilten Schle-

müllerschen Gleichungen und bekannten physicalischen Gesetzen. Hienach ist nämlich

$$\frac{D_o}{D_u} = \frac{p_o (1 + \alpha t_u)}{p_u (1 + \alpha t_o)} = \left(\frac{T_o}{T_u}\right)^5$$

während meine Formel 59^a in Bezug auf Dichtigkeit und Temperatur die Gleichung enthält:

$$\frac{\varrho'}{\varrho} = \frac{p' (1 + \alpha t)}{p (1 + \alpha t')} = \left(\frac{\Theta'}{\Theta}\right)^5$$

welche mit der vorstehenden aus den Entwickelungen des Herrn S. mit logischer Strenge folgenden vollständig übereinstimmt, da in der letzten Formel ϱ, ϱ', Θ, Θ' genau dieselbe Bedeutung haben wie D_u, D_o, T_u, T_o in der ersten.

Fassen wir alle hier behandelten Fälle zusammen, so findet Herr Hauptmann Schlemüller auf Grund der dynamischen Gastheorie 1879 genau dieselben Relationen

$$\frac{T_o}{T_u} = \left(\frac{p_o}{p_u}\right)^{\frac{1}{6}} = \left(\frac{D_o}{D_u}\right)^{\frac{1}{5}} = \frac{H'}{H}$$

welche ich schon 1862, also 17 Jahre früher, unter folgender Bezeichnung veröffentlicht habe:

$$\frac{\Theta'}{\Theta} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{6}} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\frac{1}{5}} = \frac{h'}{h}$$

Meine Aufstellungen beruhen zwar, wie schon erwähnt, auch auf theoretischen Entwickelungen, aber diese betreten nicht das Gebiet der Hypothesen, in dem sich die Grundformel des Herrn Hauptmann Schlemüller, nämlich die von ihm „richtig gestellte" Moleculargeschwindigkeit V zur Zeit noch befindet. Ich musste die Constanten meiner Relationen aus zahlreichen und guten Beobachtungen ableiten, weil ich sie nicht aus einer hypothetischen Geschwindigkeitsformel ableiten wollte. Ich habe somit genau das Verfahren eingehalten welches man in den exacten Wissenschaften zu befolgen pflegt, wenn man das Gesetzmässige in vielfach beobachteten Erscheinungen aufsucht. Ueberdies sind meine

Relationen auch noch weiter an der Erfahrung geprüft worden, indem erstens die von mir aus der Relation

$$\frac{\varrho'}{\varrho} = \left(\frac{h'}{h}\right)^5 = \left(1 - \frac{x}{h}\right)^5 = \left(1 - y\right)^5.$$

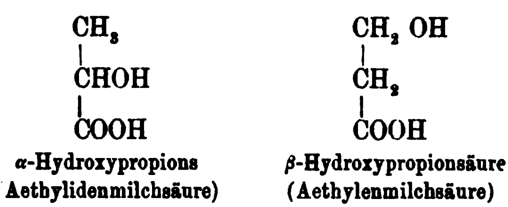
berechneten mittleren astronomischen Refractionen genau mit den von Bessel festgestellten beobachteten Werten derselben übereinstimmen (Astron. Nachrichten 1864, Bd 62, S. 235), und zweitens befolgt die von der Russischen Vermessungskammer am Kaukasus beobachtete Abnahme des Coefficienten der Strahlenberechnung genau das von mir bewiesene Gesetz, dass sich unter sonst gleichen Umständen die zwei ungleich hoch gelegenen Beobachtungsorten zukommenden Refractionscoefficienten nahezu wie die vierten Potenzen der über diesen Orten verbleibenden Atmosphärenhöhen verhalten (Astron. Nachrichten 1866, Bd 61, S. 88). Trotz aller dieser Uebereinstimmungen kam es mir aber doch nie in den Sinn meine „Aufstellungen über die physicalische Constitution der Atmosphäre" für den genauen Ausdruck der in dieser wirksamen Naturgesetze auszugeben; ich hielt sie stets nur für der Wahrheit möglichst nahe kommende Ausdrücke, die aber allerdings in gewissen Fällen, wo die Abhängigkeit des Zustands der Atmosphäre von der Höhe des Orts nicht in aller Strenge bekannt zu sein braucht, wie z. B. bei der atmosphärischen Strahlenbrechung die Dichtigkeitsänderung, ein Naturgesetz vollständig vertreten können. Aus dieser Beschränkung meiner Aufstellungen und aus der Art ihres Beweises erklärt es sich wohl auch, warum dieselben Eingang in der wissenschaftlichen Welt und nirgends Widerspruch gefunden haben, was nach der eigenen Aussage des Herrn Hauptmann Schlemüller (in Absatz 4 seines Briefs) mit dessen Bearbeitung des gleichen Gegenstands auf Grund der dynamischen Gastheorie, obgleich die meisten Schlussergebnisse mit den meinigen übereinstimmen, nicht der Fall ist.

Herr Erlenmeyer spricht:

Ueber Phenylmilchsäuren.

Ausser den beiden bezüglich ihrer Constitution genau gekannten Milchsäuren — der Aethyliden- oder Gährungsmilchsäure und der Aethylenmilchsäure oder Hydracrylsäure giebt es bekanntlich noch eine dritte Milchsäure, welche im Fleischsaft enthalten ist und daher Fleischmilchsäure oder wohl auch Paramilchsäure genannt wurde. Wiewohl die Salze der letzteren verschieden sind von den entsprechenden Salzen der beiden anderen Säuren so liefert sie doch mit PCl_5 dasselbe Chlorür wie die Aethylidenmilchsäure und zersetzt sich auch wie diese beim Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure in Aethylaldehyd und Ameisensäure, man hält sie desshalb für physikalisch isomer mit der Aethylidenmilchsäure.

Die Aethyliden- und die Aethylenmilchsäure sind Hydroxypropionsäuren, die sich derart von einander unterscheiden, dass sich in der ersteren das Hydroxyl an der Stelle von 1 H-atom in dem CH_2 der Propionsäure, in der letzteren an der Stelle von 1 H-atom in CH_3 befindet. Man hat die Stellung des Hydroxyls in der Aethylidenmilchsäure auch als α-Stellung, die in der Aethylenmilchsäure als β-Stellung resp. die erstere Säure als α-Hydroxy- die letztere als β-Hydroxypropionsäure bezeichnet:



α-Hydroxypropions Aethylidenmilchsäure) β-Hydroxypropionsäure (Aethylenmilchsäure)

Ist nun noch 1 H-atom in einer der beiden Säuren durch Phenyl ersetzt so resultiren die Phenylmilchsäuren. Wie man leicht sieht, sind deren 4 metamere denkbar, je nachdem 1 H-atom am Endkohlenstoffatom, oder am mittleren durch Phenyl substituirt ist.

Drei von diesen Säuren sind bisher schon bekannt gewesen. In zwei derselben, der Tropasäure und der Atrolactinsäure befindet sich das Phenyl am mittleren Kohlenstoffatom. In der dritten der sog. Glaser'schen Phenylmilchsäure vertritt das Phenyl 1 H-atom am Endkohlenstoffatom und zwar wie Glaser, Fittig und andere Chemiker angenommen haben am Endkohlenstoffatom der α-Hydroxypropionsäure. Man dachte sich daher allgemein die Constitution dieser Säure so:

$$\begin{array}{l} C_6H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CHOH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Ich habe nun vor einiger Zeit[1]) auf Grund früherer und neuerer Beobachtungen die Ansicht ausgesprochen, dass der Glaser'schen Phenylmilchsäure die Constitution:

$$\begin{array}{l} C_6H_5 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

1) Berl. Ber. 12.

zukomme, dass sie also nicht Phenyl α- sondern Phenylβ-hydroxypropiansäure sei. Gleichzeitig versprach ich die α-Säure aus Phenyläthylaldehyd und Blausäure mit Salzsäure darzustellen. Es ist mir nun in der That gelungen diese Säure in der angegebenen Weise zu gewinnen.

Der Schmelzpunkt der aus Wasser krystallisirten Säure liegt bei 97 bis 98° also etwa 4—5° höher, als der der Glaser'schen Säure. In Wasser ist sie schwerer löslich, als letztgenannte, ebenso verhält es sich mit der Löslichkeit der Zinksalze der beiden Säuren.

Da man nun immerhin noch sagen konnte, die von mir dargestellte Säure unterscheide sich von der Glaser'schen nur in der Weise wie die Gährungsmilchsäure von der Fleischmilchsäure, so habe ich die beiden Phenylmilchsäuren nebeneinander mit verdünnter Schwefelsäure in zugeschmolzenen Röhren erhitzt. Bei der Temperatur des siedenden Wasserbads wurde die Glaser'sche Säure nach kurzer Zeit zersetzt, während meine Säure auch nach tagelangem Erhitzen im Wasserbad keinerlei Veränderung zeigte. Die Zersetzungsproducte der ersteren bestanden der Hauptsache nach aus Zimmtsäure, einer geringen Menge von Styrol, etwas von der Styrolzimmtsäure von Fittig und Erdmann[1]) und entsprechend diesen beiden letzteren Substanzen etwas CO_2. Meine Säure fing erst bei 130° an zersetzt zu werden und zwar wurde sie wie ich erwartet hatte in Phenyläthylaldehyd und Ameisensäure gespalten. Erhitzt man sie mit verdünnter Schwefelsäure auf 200° so bildet sich CO, SO_2 und ein Condensationsproduct des Phenyläthylaldehyds von der Zusammensetzung $C_{24}H_{20}O_2$[2]) das in seideglänzenden Blättchen krystallisirt und bei etwa 102° schmilzt.

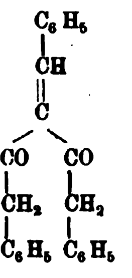
---

1) Berl. Ber. 12. 1739.

2) Die Constitution desselben lässt sich vielleicht durch die Formel

Wäre die Glaser'sche Säure von der meinigen nur wie Fleischmilchsäure von Gährungsmilchsäure verschieden, so hätte sie wie die meinige als Zersetzungsproducte Aldehyd und Ameisensäure liefern müssen. Da sie aber statt dessen mit gleicher Leichtigkeit wie die Hydracrylsäure Wasserbestandtheile abgiebt und in Phenylacrylsäure übergeht, so bleibt kaum mehr ein Zweifel, dass sie so constituirt ist, wie ich es angenommen habe, dass sie in der That Phenyl-βhydroxypropionsäure ist, welche zu der von mir dargestellten Säure in derselben Beziehung steht, wie die Hydracrylsäure zur Gärungsmilchsäure.

Wenn sich nun in der Glaser'schen Phenylmilchsäure das Hydroxyl in der β-Stellung befindet, so muss nach den Beobachtungen von Glaser einerseits und von Fittig andererseits in den Halogenwasserstoffadditionsproducten der Zimmtsäure das Halogenatom ebenfalls die β Stellung einnehmen[1]). Es lässt sich dann auch, wie Fittig selbst zugiebt, die Bildung des Styrols aus Phenylβhalogenpropionsäure beim Behandeln mit kohlensaurem Natrium leichter



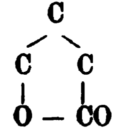
ausdrücken.

1) Ich halte es für unzweifelhaft, dass alle Halogenwasserstoffadditionsproducte von sog. ungesättigten Säuren, welche der Zimmtsäure resp. der Acrylsäure ähnlich constituirt sind, das Halogenatom in der β-Stellung enthalten. So ist auch wie aus Versuchen hervorgeht, die Herr Marx in meinem Laboratorium angestellt hat der Jodwasserstoffadditionsproduct der Crotonsäure nicht wie Hemilian angiebt, α- sondern β-Jodbuttersäure.

verstehen, als nach der Annahme von Fittig. Das anfangs entstehende Natriumsalz der Phenylβhalogenpropionsäure erleidet durch die grosse Verwandtschaft des Halogens zum Natrium eine innere Zersetzung:

$$\begin{array}{c} C_6H_5-CHBr-CH_2 \\ | \\ NaO-CO \end{array} = \begin{array}{c} Br \\ | \\ Na \end{array} + \begin{array}{c} C_6H_5-CH-CH_2 \\ \diagdown \quad | \\ O-CO \end{array}$$

Das so gebildete innere Esteranhydrid ist aber nicht existenzfähig, es spaltet sich in Styrol $C_6H_5-CH{=}CH_2$ und CO_2, wie leicht zu sehen ist. Es scheint mir, dass solche innere Anhydride überhaupt erst dann existenzfähig sind, wenn sie mindestens die Gruppe



enthalten, welche bekanntlich auch in den Anhydriden der Bernsteinsäure und deren kohlenstoffreicheren Analogen, dann in dem Phtalsäureanhydrid, den Phtaleïnen etc. vorhanden ist. Ich glaube desshalb auch nicht, dass die Terebinsäure so constituirt ist, wie es Fittig annimmt, sondern so:

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ CH_3 \end{array}\!\!>\!\begin{array}{c} C-CH_2-CH-COOH \\ | \qquad\qquad | \\ O\text{————}CO \end{array}$$

und ich denke mir alle derartigen inneren Esteranhydride, wenn sie keinen doppelt gebundenen Kohlenstoff enthalten, in ähnlicher Weise constituirt.

Zum Schluss möchte ich noch mittheilen, dass Herr Lipp in meinem Laboratorium damit beschäftigt ist, die Phenylaethylidenmilchsäure (Phenylαhydroxypropionsäure) noch in der Art darzustellen, dass er Phenylacetylcyanür in das Amid

der Phenylpyrotraubensäure und in diese selbst überführt und diese dann mit Wasserstoff verbindet wie es folgende Formeln ausdrücken:

$$C_6H_5-CH_2-CO-CN+H_2O=C_6H_5=CH_2-CO-CONH_2$$
$$+H_2O=C_6H_5-CH_2-CO-COONH_4$$

$$C_6H_5-CH_2-CO-COOH+H_2=C_6H_5-CH_2-CHOH-COOH.$$

Herr v. Nägeli spricht:

„Ueber Wärmetönung bei Fermentwirkungen."

In der „Theorie der Gärung" habe ich die Wirkung der (unorganisirten) Fermente und der (organisirten) Hefenpilze mit einander verglichen und im Gegensatze zu den herrschenden Ansichten gezeigt, dass zwischen beiden Processen nicht Uebereinstimmung, sondern gerade in den massgebenden Eigenschaften eine charakteristische Verschiedenheit besteht. Unter den Momenten, welche diese Verschiedenheit bedingen, betrifft eines die Wärmetönung, indem bei dem einzigen Gärprocess, den wir genau kennen, nämlich bei der Alkoholgärung, sicher Wärme frei, bei dem einzigen Process der Fermentwirkung, den wir etwas genauer kennen, nämlich bei der Invertirung des Rohrzuckers, höchst wahrscheinlich Wärme aufgenommen wird.

Gegen diese Theorie hat sich A. Kunkel[1]) ausgesprochen. Nach seiner Darlegung würde bei der Invertirung des Rohrzuckers (durch Invertin oder Schwefelsäure) nicht Wärme aufgenommen, sondern abgegeben, und es würde somit die Wärmetönung bei der Fermentwirkung die nämliche sein wie bei der Gärwirkung.[2]) Doch muss ich, auch nach dieser Darlegung, für meine Theorie noch den näm-

1) Ueber Wärmetönung bei den Fermentationen in Pflüger's Archiv f. Phys. Bd. XX, S. 509.

2) Bezüglich der Terminologie habe ich in der „Theorie der Gärung" bereits bemerkt, dass ich Fermentwirkung nur als Concession an den jetzt allgemein gewordenen Sprachgebrauch im Gegensatz zu Gär-

lichen Grad von Wahrscheinlichkeit in Anspruch nehmen wie früher.

Als ersten Grund führte ich die Verbrennungswärmen von Rohrzucker und Traubenzucker an, wie sie von Frankland angegeben worden waren. Zunächst ergreife ich diese Gelegenheit zu einer Berichtigung von Zahlen. Aus den Berechnungen für die zwei bekannten Traubenzuckerarten, den hartkrystallisirten mit der Formel $(C_6 H_{12} O_6) 2 + H_2 O$ und den gewöhnlichen mit der Formel $C_6 H_{12} O_6 + H_2 O$ ist die den ersteren betreffende Zahl 1,1053 aus Versehen statt der Zahl des letzteren 1,1579 in die Abhandlung aufgenommen worden. Die betreffende Stelle muss, da Frankland unzweifelhaft gewöhnlichen Traubenzucker untersuchte, demnach folgender Massen lauten.

Nach Frankland werden bei der Verbrennung von 1 g Rohrzucker 3348, bei der Verbrennung von 1 g Traubenzucker (krystall.) 3277 Cal. frei. 1 g Rohrzucker entspricht 1,1579 krystall. Traubenzucker; letztere aber liefern beim Verbrennen 3794 Cal. Also nimmt der Rohrzucker bei der Invertirung durch Fermente, insofern wir den Invertzucker in dieser Beziehung dem Traubenzucker gleichsetzen dürfen, Wärme auf und zwar im Verhältniss von 3348 zu 3794 oder von 100 zu 113,3.

Die Differenz zwischen den beiden Verbrennungswärmen ist also noch grösser, als ich sie angegeben hatte, nämlich 13,3 statt 8 Proc. Gegen meine Berechnung macht Kunkel geltend, dass die Frankland'schen Zahlen nicht den Grad

---

oder Hefenwirkung gebrauche, und dass der richtige Name für die sog. „unorganisirten Fermente" eigentlich „organische Contactsubstanzen" wäre. Aber noch weniger zweckmässig würde mir scheinen, für die Umsetzung durch unorganisirte Fermente mit Kunkel „Fermentation" zu sagen, weil dieser Ausdruck schon im Lateinischen, besonders aber in den neueren Sprachen (französisch, italienisch, englisch etc.) Gärung durch Hefe bedeutet.

von Genauigkeit und Zuverlässigkeit besitzen, um einen solch subtilen Schluss darauf zu stützen, indem die Zahlen für die Verbrennungswärme von Rohrzucker und Traubenzucker 3347 und 3277 nur um 2,1 Proz. des ganzen Werthes von einander abweichen.

Hiegegen ist zuvörderst bezüglich der Berechnung zu erwidern, dass, wenn wir aus der Verbrennungswärme auf die Menge der gebundenen Wärme schliessen wollen, doch nicht gleiche, sondern nur äquivalente Gewichtsmengen der beiden Zuckerarten verglichen werden dürfen und dass die Differenz der Verbrennungswärmen, auf den Traubenzucker bezogen, daher nicht 2,1 Proz. mit negativem Vorzeichen, sondern 13,3 Proz. mit positivem Vorzeichen beträgt. Nicht 1 g sondern 1,1579 g krystallisirter Traubenzucker erfordern zur Verbrennung die gleiche Menge Sauerstoff und geben die gleichen Verbrennungsmengen von Kohlensäure und Wasser wie 1 g Rohrzucker. Die auf diese Weise sich ergebende Differenz von + 13,3 Proz. in den Verbrennungswärmen wird aber noch durch zwei Umstände vergrössert, nämlich durch das Krystallwasser und das hygroskopische Wasser.

Da Frankland krystallisirten Traubenzucker verwendete, so erhielt er um so viel weniger Wärme als bei der Krystallisation frei geworden war; denn die Verbrennungswärme von wasserfreiem Traubenzucker ist gleich der Verbrennungswärme einer äquivalenten Menge von krystallisirtem Traubenzucker, weniger die Krystallisationswärme. — Da ferner die beiden Zuckerarten Frankland's nicht getrocknet waren, so musste die Verbrennungswärme des Traubenzuckers verhältnissmässig geringer ausfallen; denn es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass derselbe mehr hygroskopisches Wasser enthielt als der Rohrzucker.

Der beträchtliche Unterschied in der gebundenen Wärme der beiden Zuckerarten, der aus den Frankland'schen

Resultaten sich ergiebt, scheint mir doch nicht so ohne Weiteres vernachlässigt werden zu dürfen. Ich würde zwar Anstand genommen haben, jene Resultate gegenüber einer bestimmten gegentheiligen Thatsache als Beweis anzuführen. Sie mussten aber einiges Gewicht in die Wagschale legen, da für die Meinung, dass bei der Fermentwirkung Wärme frei werde, gar kein thatsächlicher Grund vorhanden war, indem die einzig angesprochene Analogie der unorganisirten Fermente mit den Hefenzellen offenbar als nicht zutreffend erschien. Und wenn auch die Methode, deren sich Frankland bediente, wie er selber sagt, weniger genau ist, als die gewöhnlich angewendeten calorimetrischen Methoden, so hat er doch alle erforderlichen Correcturen angebracht und nach seiner Meinung dadurch die Ergebnisse für gewisse Zwecke hinreichend brauchbar gemacht.[1]) Wenn also auf der einen Seite gar nichts für Wärmeabgabe spricht, auf der andern Seite aber eine Angabe von einem kundigen und umsichtigen Beobachter vorliegt, welche die Wärmeaufnahme darthut, so verlangt die Logik, die letztere als wahrscheinlich anzunehmen, bis das Gegentheil nahegelegt oder nachgewiesen wird.[2])

Die Wahrscheinlichkeit, dass der Traubenzucker eine grössere Menge von gebundener Wärme enthalte als der Rohrzucker, wurde für mich sehr bedeutend erhöht und

---

1) In der von Kunkel citirten betreffenden Stelle aus der Abhandlung Frankland's sind die nicht unwichtigen Worte „with the corrections described below“ weggeblieben.

2) In der jüngsten Zeit sind Verbrennungswärmen von Rohrzucker durch Stohmann bekannt geworden, welche merklich höhere Ziffern darstellen als die Frankland'schen Resultate. Sie können aber nicht verwerthet werden, so lange nicht Traubenzucker oder Invertzucker nach der nämlichen Methode untersucht ist. Bis dahin behalten die Frankland'schen Zahlen ihren wahrscheinlichen Werth, da sie für die beiden Zuckerarten auf die nämliche Weise gewonnen wurden und daher wohl auch mit den gleichen Fehlerquellen behaftet sind.

nahezu zur Gewissheit erhoben durch die Vergleichung der spezifischen Gewichte und der Molecularvolumina. Leider ist das spezifische Gewicht des wasserfreien Traubenzuckers nicht ermittelt. Indessen reicht die Betrachtung, welche sich an das spezifische Gewicht des krystallisirten Traubenzuckers knüpfen lässt, für die vorliegende Frage vollkommen aus. Die spezifischen Volumina (Volumen der Gewichtseinheit Wasser = 1) oder auch die Molecular-Volumina des Traubenzuckers und der äquivalenten Menge Rohrzucker + Wasser verhalten sich wie 106 : 100 oder 107 : 100, je nach den Werthen, die man für die spezifischen Gewichte von Rohrzucker und Traubenzucker annimmt. Würde also der Rohrzucker bei der Invertirung vollständig in krystallisirten Traubenzucker übergehen, so müsste er sammt der zugehörigen Menge Wasser sich um 6 bis 7 Proz. ausdehnen. Jedenfalls gilt dies für die eine Hälfte des Rohrzuckers, die zu Traubenzucker wird, und von der andern Hälfte, die zu Levulose wird, darf man mit Wahrscheinlichkeit eine analoge Volumenzunahme erwarten.[1])

Nun ist es zwar, wie Kunkel richtig bemerkt, bis jetzt den Physikern nicht gelungen, durchgehende gesetzmässige Beziehungen des Molecularvolumens fester Verbindungen zu begründen. Allein um diese allgemeine Frage handelt es sich hier eigentlich nicht, sondern nur darum, ob bei einer chemischen Umsetzung fester Verbindungen die Aenderung des Volumens mit einer gleichsinnigen Aenderung der gebundenen Wärme zusammentreffe und inwiefern Ausnahmen

---

1) Der Milchzucker, welcher in analoger Weise wie der Rohrzucker in 2 isomere Verbindungen invertirt wird, nämlich in Dextrose (Traubenzucker) und Galactose, steht auch bezüglich des Volumens in einem gleichen Verhältniss zum Traubenzucker wie der Rohrzucker. Das Volumen von 1 Mol. krystallisirtem Milchzucker ($C_{12}\ H_{24}\ O_{12}$) + 2 Mol Wasser ($H_4\ O_2$) verhält sich zum Volumen von 2 Mol. krystallisirtem Traubenzucker ($C_{12}\ H_{28}\ O_{14}$) wie 100 : 106,1.

von dieser Regel auftreten. Wie ich glaube, trifft beim Uebergang einer organischen Verbindung in eine andere von analoger Constitution und gleichem chemischen Charakter, wie dies bei den Umsetzungen der Zuckerarten und überhaupt der Kohlenhydrate der Fall ist, allgemein Volumenzunahme mit Wärmeaufnahme und Volumenverminderung mit Wärmeabgabe zusammen. Diese Regel hat aber keine Gültigkeit mehr, wenn die Constitution oder der chemische Charakter eine Aenderung erfährt, wie dies dann der Fall ist, wenn z. B. ein Alkohol oder ein Aldehyd in eine Säure übergeht.

Kunkel meint gewichtige Einwände gegen meine Ansicht machen zu können, indem er sagt, das Beispiel des Rohrzuckers zeige uns gerade, wie weit mit geringen Zustandsänderungen fester Körper das spezifische Gewicht variire; — dasselbe werde für den krystallisirten (Kandis-) Zucker sehr übereinstimmend zu 1,59, für den amorphen (Gersten-)Zucker zu 1,509 von Biot angegeben; — nun krystallisire der Traubenzucker mit Krystallwasser, der Rohrzucker ohne solches: auch das Krystallsystem, in dem beide krystallisiren, sei verschieden, — wie diese Umstände auf das spezifische Gewicht einwirken, sei uns vorderhand ganz unbekannt.

Ueber diese Dinge giebt indess die Physik, soweit es für die vorliegende Frage erforderlich ist, genügenden und für meine Theorie durchaus günstigen Aufschluss. Was den amorphen und krystallisirten Zustand betrifft, so kann nach den Beobachtungen von Berthelot beim Uebergang verschiedener Salze aus dem ersteren in den zweiten Wärme frei werden. Damit stimmt der Umstand, dass der amorphe Gerstenzucker ein geringeres spezifisches Gewicht, somit ein grösseres spezifisches Volumen besitzt als der krystallisirte Kandiszucker, vortrefflich überein. Es ist sicher, dass auch die Verbrennungswärme des ersteren, wenn einmal der Ver-

auch gemacht wird, grösser ausfallen wird als die des zweiten.[1]) Uebereinstimmende Thatsachen sind ferner, dass dem Diamant unter den verschiedenen Formen, in denen der Kohlenstoff bekannt ist, das kleinste specifische Volumen und die geringste Verbrennungswärme zukommt, dass der krystallisirte Schwefel ein kleineres Volumen und eine geringere Verbrennungswärme hat als der amorphe, dass bei der isomeren Umwandlung des amorphen Siliciums in krystallisirtes Wärme frei wird u. s. w.

Damit soll nicht gesagt sein, dass der krystallisirte Zustand immer das kleinere Volumen und die kleinere Menge von gebundener Wärme darstelle. Es soll nur die Abhängigkeit der beiden Erscheinungen von einander gezeigt werden. Ebenso gut kann die amorphe Substanz, wenn sie krystallisirt, ihr Volumen und ihre Spannkraft vermehren. — Nicht anders wird es sich verhalten, wenn die nämliche Substanz in zwei verschiedenen Systemen krystallisirt. Alle Analogie weist darauf hin, dass auch in diesem Falle Aenderung des Volumens und der gebundenen Wärme im gleichen Sinne erfolgen, und dass etwa an eine spezifische Wirkung des Krystallsystems auf die Wärmetönung, ohne dass dieselbe eine entsprechende Aenderung des spezifischen Gewichtes zur Folge hätte, mit einiger Wahrscheinlichkeit nicht gedacht werden darf.

Was das Krystallwasser betrifft, so ist es wohl eine ausnahmslose Erscheinung, dass bei der Krystallisation die Verbindung sammt dem eintretenden Wasser sich unter Wärmeabgabe verdichtet. Diese Volumenabnahme beträgt bei verschiedenen unorganischen Salzen 12 bis 21 Proz. Sie muss auch bei der Krystallisation des Traubenzuckers eintreten. Wenn daher der letztere ein um 6 bis 7 Proz.

1) Diese Annahme wird auch durch den Umstand unterstützt, dass die Wärmecapacität des amorphen Rohrzuckers grösser ist als die des krystallisirten.

grösseres Volumen einnimmt als die äquivalente Menge von Rohrzucker + Wasser, so muss der Unterschied im Volumen zwischen wasserfreiem Traubenzucker und der entsprechenden Menge von Rohrzucker + Wasser noch beträchtlich grösser sein, und dürfte nach Analogie der wasserfreien und wasserhaltigen krystallisirten Salze nicht weniger als 12, wahrscheinlich aber 13 Proz. betragen, woraus um so sicherer auf eine grössere Menge von gebundener Wärme im Traubenzucker gegenüber dem Rohrzucker geschlossen werden darf.

Kunkel macht ferner gegen meine Theorie einen ganz allgemeinen Einwurf, mit dem er ihre physikalische Unhaltbarkeit darzuthun sucht. Da die Stelle nicht ganz klar ist, muss ich sie wörtlich anführen. Er sagt, nach meiner Ansicht wirke das Ferment als Contactsubstanz und „vermittle bloss die Uebertragung von Kraft; — es verwandle die freie Wärme des Mediums, in dem es sich befindet, in Bewegung seiner Molecüle und ihrer Theile und theile diese Spannkraft[1]) wieder den Molecülen der zu zerlegenden Verbindung mit" (dies sind meine eigenen Worte). Dann fährt er fort: „Nach dieser Definition wären die Fermente im Stande, durch ihre blosse Gegenwart freie

1) Kunkel beanstandet diesen Ausdruck mit (?). Es scheint ihm der Gedanke vorgeschwebt zu haben, eine Bewegung der Molecüle und ihrer Theile könne doch keine Spannkraft sein. Bekanntlich aber versteht man unter Spannkraft eines Körpers oder eines materiellen Systems, drei ihrer Natur nach wesentlich verschiedene Dinge, die jedoch wegen ihrer gleichartigen Wirkung unter den gleichen allgemeinen Begriff der Spannkraft zusammengefasst und der lebendigen Kraft gegenüber gestellt werden, 1) die anziehenden und abstossenden Kräfte, die zwischen dem Körper und andern Körpern bestehen, 2) die Spannungszustände seiner Theile und 3) die Bewegungszustände seiner Theile. Und gerade das Letztere bezeichnet man häufig als Spannkraft, wie z. B. die Spannkraft der Dämpfe beweist, welche ausschliesslich durch die Bewegung der Gasmolecüle zu Stande kommt. Die lebendige Kraft eines Theils stellt immer ein Moment in der Spannkraft des Ganzen dar.

Wärme in potentielle Energie zu verwandeln, und da eine bestimmte Fermentmenge eine geradezu unbegrenzte Wirkung ausübt, so hätten wir darnach im Fermente ein Mittel, in einer Lösung von etwa 30° C. (ohne Zuhilfenahme von Licht oder sonst einem entsprechenden mechanischen Aequivalent) freie Wärme in unbegrenzter Weise in Spannkraft zu verwandeln. Eine solche Auffassung widerspricht aber aller Erfahrung, die man über Energieänderung besitzt."

Ich weiss nicht recht, worin der Schwerpunkt dieser Kritik liegen und gegen welches physikalische Gesetz ich mich vergangen haben soll. Es möchte ja fast scheinen, als ob ich mich eines neuen Perpetuum mobile schuldig gemacht hätte. Daran ist so viel richtig, dass ich, wie aus meiner Darstellung klar hervorgeht, das katalytisch wirkende Molekül als eine kleine Maschine betrachte, welche von der umgebenden freien Wärme gleichsam geladen wird und ihre Kraft an die zu zerlegende Substanz abgiebt. Wenn daraus die Möglichkeit einer unbegrenzten Kraftübertragung gefolgert wird, so ist dies für die gleichen Voraussetzungen unbestreitbar. Wenn ein Gewehr immer wieder geladen wird, kann man es, so lange es sich nicht abnützt, immer wieder abschiessen; — und da ein Molekül von Schwefelsäure oder von Diastase, Pepsin u. dgl. sich nicht abnützt, so kann es auf unbegrenzte Dauer immer wieder in den wirkungsfähigen Zustand versetzt werden. Das hat aber die Fermentwirkung mit jeder physikalischen oder chemischen Aktion gemein, indem ein Vorgang, der einmal möglich ist, unter den gleichen Bedingungen immer von Neuem möglich ist.

Es wäre also noch die Frage, ob freie Wärme, ohne Zuhülfenahme von Licht oder einem andern mechanischen Aequivalent, in Spannkraft verwandelt werden kann, und hiefür giebt es ja eine Menge von Beispielen. Man denke an die Verdunstung, bei welcher Wärme in Spannkraft

der Dämpfe übergeht, — an jede Temperaturerhöhung eines Körpers, bei welcher freie Wärme gebunden wird (spezifische Wärme, Wärmecapacität), — an die Zersetzung durch erhöhte Temperatur, wobei freie Wärme zu chemischer Spannkraft wird, — so wie an alle andern Leistungen der Wärme. Ich könnte selbst die Vegetation der Pilze anführen, welche in vollständiger Dunkelheit leben und dabei von nicht gärfähigen Verbindungen (im natürlichen Zustande von humussaurem Ammoniak, bei künstlichen Versuchen von essigsaurem Ammoniak) sich nähren können, wobei jedenfalls die Bewegung, welche die freie Wärme verursacht, einen Theil der Arbeit übernimmt.

Fast möchte man glauben, dass der Kritik undeutlich das unter dem Namen der Entropie bekannte Gesetz der mechanischen Wärmetheorie vorgeschwebt hat, wonach die freie Wärme nie vollständig in mechanische Spannkraft zurückverwandelt werden kann. Selbstverständlich findet dieses Gesetz keine Anwendung auf den vorliegenden Fall, bei dem nur ein kleiner Theil der verfügbaren freien Wärme gebunden wird.

Nachdem Kunkel durch die bis jetzt besprochenen Ausstellungen gezeigt zu haben glaubt, dass meine Theorie von den Fermentwirkungen auf schwachen Füssen stehe, will er dieselbe durch Resultate eigener Versuche direkt widerlegen. Er versetzte Rohrzuckerlösungen mit aus Bierhefe gewonnenem Ferment, ferner mit Schwefelsäure, und beobachtete eine während der Invertirung eintretende Temperaturerhöhung, in Uebereinstimmung mit einer früheren Angabe von Graham, Hofmann und Redwood, dass in einer Rohrzuckerlösung vor dem Eintritt der Gärung eine vorübergehende deutliche Erhöhung des spezifischen Gewichtes stattfinde.

Diese zwar vorauszusehende, aber immerhin sehr dankenswerthe Beobachtung, dass eine sich invertirende

Rohrzuckerlösung Wärme entwickelt,[1]) hat mich zu der gegenwärtigen Erwiderung veranlasst, weil die scheinbare Widerlegung meiner Theorie durch eine Thatsache ohne genauere Berücksichtigung der mitwirkenden Ursachen leicht für eine begründete gehalten werden möchte.

Dass eine invertirende Rohrzuckerlösung sich verdichte und erwärme, liess sich zum Voraus mit grösster Wahrscheinlichkeit aus einer Vergleichung des spezifischen Gewichtes von Rohr- und Traubenzuckerlösungen erwarten.

---

1) Ich betrachte dies als Thatsache, weil schon die Verdichtung der Lösung eine Steigerung der Temperatur verlangt, während der experimentelle Beweis wegen eines schwachen Punktes nicht ohne Weiteres als vollgültig erscheint. Um zu zeigen, dass die Temperaturerhöhung nicht etwa auf allenfallsige Contraction beim Mischen der beiden Flüssigkeiten zurückzuführen sei, stellte Kunkel einen Kontrolversuch an, bei welchem die Schwefelsäure, statt mit Zuckerlösung, mit Wasser vermischt wurde.

Die Mischung von Schwefelsäure und Wasser ergab eine sofortige Temperaturerhöhung um mehr als 2° und dann eine 5 Minuten dauernde allmälige Abnahme der Temperatur. Wenn ein in gleicher Weise angestellter und damit zu vergleichender Versuch bei der Mischung von Schwefelsäure und Zuckerlösung ebenfalls eine sofortige Erwärmung und dann eine viel langsamere Abkühlung ergeben hätte, so könnte man mit grosser Wahrscheinlichkeit diese langsamere Abkühlung auf Rechnung einer vorhandenen Wärmequelle setzen. Nun aber trat beim Vermischen von Zuckerlösung und Säure nicht, wie man erwarten möchte, eine Erhöhung, sondern eine geringe Erniedrigung der Temperatur (um 0,07° C) ein; die Anfangstemperatur wurde nach 2 Minuten erreicht. Die Wärme stieg dann noch während 2 folgenden Minuten (im Maximum 0,09° C über die Anfangstemperatur) und verminderte sich nachher während 6—7 Minuten ganz allmälig.

Dieses auffallende Versuchsergebniss, namentlich das Ausbleiben einer anfänglichen Erwärmung hätte eine Klarlegung verdient, um den naheliegenden Einwurf zu entkräften, die Ursache der Verschiedenheit zwischen Zuckerlösung und Wasser bezüglich der Wärmetönung beruhe darin, dass die erstere sich langsamer mit Schwefelsäure vermische und die freie Wärme langsamer abgebe, als das letztere. Ich zweifle nicht daran, dass ein solcher Einwurf sich experimentell beseitigen liesse.

Dieselben besitzen nämlich nahezu das gleiche spezifische Gewicht, wenn gleiche Gewichtsmengen von Rohrzucker und von wasserfreiem Traubenzucker in Wasser gelöst sind. Vergleicht man aber, was für die vorliegende Frage allein zulässig ist, äquivalente Mengen mit einander, so besitzt die Traubenzuckerlösung wenigstens bis zu einem bestimmten Prozentgehalt stets eine grössere Dichtigkeit. In der folgenden Tabelle habe ich einige zur Vergleichung berechnete Werthe zusammengestellt; sie gründen sich auf die von Pohl für die beiden Zuckerarten gefundenen Werthe.

Rohrzucker		Traubenzucker	
Prozente an Zucker	Dichtigkeit der Lösung	Prozente an Zucker	Dichtigkeit der Lösung
2	1,0080	2,10526	1,00855
5	1,0201	5,26316	1,02099
10	1,0405	10,52632	1,04255
15	1,0616	15,78947	1,06464
20	1,0838	21,05263	1,08719
25	1,1068	26,31579	1,10701

Die dritte Verticalcolumne enthält die Mengen von wasserfreiem Traubenzucker, welche den Rohrzuckermengen der ersten Verticalcolumne entsprechen. Die Differenzen der Lösungsdichtigkeit steigen bis zu einem Gehalt von 20 Proz. Rohrzucker, und nehmen bei einem Gehalt von 25 Proz. Rohrzucker sehr stark ab. Wenn dies nicht etwa, was aber sehr unwahrscheinlich ist, von fehlerhafter Angabe der betreffenden Zahlen des spezifischen Gewichtes herrührt, so dürfte bei noch grösserer Concentration der Lösung der Dichtigkeitsunterschied bald verschwinden und dann das entgegengesetzte Vorzeichen annehmen, so dass also eine 30 oder 35 prozentige Rohrzuckerlösung ein grösseres spezifisches Gewicht hätte als die entsprechende Traubenzuckerlösung. Diese Umkehrung würde sich leicht begreifen, da die Traubenzuckerlösung mit den entsprechenden Prozent-

gehalten bereits dem Sättigungspunkt entgegengeht, während die Rohrzuckerlösung noch weit davon entfernt ist.

Lösungen von Traubenzucker, die nicht über 26 Proz. wasserfreier Substanz enthalten, besitzen also ein grösseres spezifisches Gewicht als die äquivalenten Rohrzuckerlösungen, und wenn die letzteren in die ersteren übergehen könnten, so müsste in Folge der eintretenden Verdichtung Wärme frei werden. In Wirklichkeit geht bei der Invertirung nur die Hälfte Rohrzucker in Traubenzucker, die andere Hälfte in Levulose über. Ich habe als wahrscheinlich angenommen, dass die beiden Hälften des Invertzuckers in ihren physikalischen Eigenschaften sich ähnlich, wenigstens nicht sehr ungleich verhalten. Diese Annahme findet nun wenigstens in einem Punkte experimentelle Bestätigung, indem der Uebergang von Rohrzucker in Invertzucker sich bezüglich der Dichtigkeit der Lösung und der Wärmetönung so verhält, wie sich der Uebergang von Rohrzucker in Traubenzucker verhalten würde.

In welcher Beziehung steht nun aber die Thatsache, dass eine Rohrzuckerlösung bei der Invertirung sich verdichtet und erwärmt, zu meiner Annahme, dass durch die Fermentwirkung Wärme von der Substanz aufgenommen und Produkte mit grösserer Spannkraft gebildet werden? Auf den ersten Anlauf möchte es scheinen, dass der Invertzucker weniger gebundene Wärme enthalten müsse als der Rohrzucker und dass somit Kunkel berechtigt sei, jene Annahme als direkt widerlegt zu erklären. Bei sorgfältigerer Prüfung überzeugt man sich aber leicht, dass das Auftreten freier Wärme in einer invertirenden Rohrzuckerlösung die vorliegende Frage gar nicht entscheidet. Es sind nämlich gleichzeitig zwei Processe thätig, welche beide auf die Aenderung des spezifischen Gewichtes und auf die Wärmetönung Einfluss haben und die entweder im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne wirken, nämlich 1) die chemische Umsetzung

von Rohrzucker in Invertzucker und 2) die dadurch bedingte Veränderung in der Dichtigkeit der Lösung.

Bezeichnen wir die bei der Umwandlung von Rohrzucker in Invertzucker frei werdende oder aufgenommene Wärmemenge mit $\pm V$ und die bei der stattfindenden Verdichtung der Lösung freiwerdende Wärme mit $+W$, so wird die gesammte Wärmetönung ausgedrückt durch $W \pm V$. Dieser Ausdruck ist positiv; denn es wird die Temperatur der Flüssigkeit erhöht. Aber daraus ergiebt sich nichts für die Beantwortung der Frage, ob V positiv oder negativ sei; es beweist bloss für den Fall des negativen Vorzeichens, dass $W > V$ ist.

Nach den früheren Erörterungen über das Verhältniss zwischen dem Volumen des Rohrzuckers und einer äquivalenten Menge von Traubenzucker findet bei der Invertirung, immer unter der Voraussetzung, dass sich Invertzucker ähnlich verhalte wie Traubenzucker, folgender Vorgang statt. Das Volumen einer Zuckerlösung lässt sich als die Summe von dem Volumen des gelösten Zuckers und dem Volumen des (verdichteten) Wassers denken. Wird nun in einer bestimmten Rohrzuckerlösung das Volumen des Zuckers mit S und dasjenige des Lösungsmittels mit A und in der daraus entstehenden Invertzuckerlösung das Volumen des Zuckers mit D und dasjenige des Lösungsmittels mit A_1 bezeichnet, so verhält sich das Volumen der Lösung vor und nach der Invertirung wie $S + A : D + A_1$. Indem S zu D wird, nimmt es zu: dagegen besteht der Uebergang von A zu A_1 in einer Verminderung und zwar ist diese Volumenverminderung beträchtlicher als es die Verdichtung der ganzen Lösung angiebt, weil der gelöste Körper nach der Invertirung einen grössern Raum in Anspruch nimmt. Die Umwandlung von S in D bedingt eine Aufnahme, die Umwandlung von A in A_1 eine Abgabe von freier Wärme.

Ich theile noch die numerischen Werthe der eben ge-

nannten Grössen mit, wie sie sich für die Invertirung einer 5 und 10 prozentigen Rohrzuckerlösung ergeben; die Werthe für das Volumen des wasserfreien Traubenzuckers, dessen spezifisches Gewicht unbekannt ist, wurden aus dem Volumen des krystallisirten Traubenzuckers durch muthmassliche Berechnung gewonnen.

	Rohrzuckerlösung ($C_{12} H_{22} O_{11}$)			Traubenzuckerlösung ($C_6 H_{12} O_6$)		
	Spezifisches Volumen	S	A	Spezifisches Volumen	D	A_1
5 Proz.	0,98030	0,03113	0,94917	0,97944	0,03801	0,94143
10 —	0,96108	0,06227	0,89881	0,95919	0,07601	0,88318

Indessen ist es Kunkel nicht entgangen, dass mit der von ihm nachgewiesenen Temperaturerhöhung einer invertirenden Zuckerlösung das letzte Wort nicht gesprochen sei. Sie liefere, sagt er, keinen vollgültigen Beweis, weil wir die Lösungswärmen des Rohr- und Invertzuckers nicht kennten und weil wir nicht wüssten, ob die eine oder beide Zuckerarten bei der Lösung höhere Hydrate bilden. — Zur Wahrung der Richtigkeit meiner bisherigen Auseinandersetzung muss ich diese beiden Gründe als unzutreffend zurückweisen. Wenn wir auch die Lösungswärmen genau kennten, so könnten wir sie doch nicht brauchen, weil jede Lösungswärme aus zwei entgegengesetzten Wärmetönungen besteht, einer Wärmeaufnahme, wodurch die Moleküle des Körpers sich von einander trennen und in Bewegung gerathen, und einer Wärmeabgabe, welche die Folge der Verdichtung des Lösungsmittels ist, — und ihre Kenntniss wäre überflüssig, weil bei der Invertirung einer Zuckerlösung der erstere Wärmetönungsprozess ganz wegfällt, indem ja bloss eine Lösung sich in eine andere umwandelt.

Wenn wir ferner auch genau wüssten, ob und wie viel Wassermoleküle sich in der Lösung mit einem Molekül der verschiedenen Zuckerarten als „Hydrat“ (oder zur Hydropleonbildung, wie ich diese Art der Hydratisirung genannt habe) vereinigen, so wären wir desshalb bezüglich der vor-

liegenden Frage um nichts klüger, schon desswegen weil die auf ein Molekül „Hydratwasser“ frei werdende Wärme unmöglich bestimmt werden könnte. Bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft lässt sich die Gesammtwärmetönung bei der Invertirung des Zuckers bloss als Summe oder Differenz von zwei Wärmetönungen nachweisen, von denen die eine (die Wärmetönung bei der chemischen Umsetzung) aus der Differenz der Verbrennungswärmen sich unmittelbar ergiebt, die andere (die Wärmetönung bei der Aenderung der Lösungsdichtigkeit) aus dem Unterschied zwischen der genannten Differenz und der Gesammtwärmetönung ermittelt wird; die Hydratbildung ist als ein integrirendes Moment in der letzteren inbegriffen.

Bei der Umwandlung von Dextrin in Zucker, welche Kunkel noch anführt, sind nach meiner Ansicht eigentlich 6 verschiedene Prozesse zu unterscheiden, von denen jeder einen Beitrag zu der gesammten Veränderung der Lösungsdichtigkeit und der gesammten Wärmetönung liefert: 1) Das Zerfallen der wenig beweglichen Micelle in die einzelnen leichter beweglichen Moleküle (ähnlich wie bei der Lösung von kleinen Krystallen), 2) der Uebergang der Dichtigkeit des Wassers aus der Micellarlösung in die Molekularlösungen, 3) die chemische Umwandlung der Dextrinmoleküle in Maltosemoleküle, 4) die Aenderung der Dichtigkeit des Wassers aus der molekularen Dextrinlösung in die Maltoselösung, 5) die chemische Umsetzung der Maltosemoleküle in Dextrosemoleküle und 6) die Dichtigkeitsänderung des Wassers beim Uebergang der Maltoselösung in die Dextroselösung. Von diesen 6 Prozessen werden 1, 3 und 5 Volumenzunahme und Wärmebindung, 2, 4 und 6 dagegen Verdichtung und Wärmeabgabe bedingen und das Gesammtresultat ist wahrscheinlich Temperaturerniedrigung der Lösung.[1])

1) Wenn auch die Unterscheidung von 6 verschiedenen Prozessen theoretisch richtig ist, so dürfte es praktisch zweckmässiger sein, sie

Als Resultat der ganzen Betrachtung ergiebt sich, dass der Satz, die Fermentwirkung bilde Produkte von höherer potentieller Energie, noch eben so wahrscheinlich ist als vordem. Er beruht auf der Annahme, dass der gesammte Invertzucker ähnliche Eigenschaften besitze wie der Traubenzucker allein, und diese Annahme hat durch die Beobachtung Kunkel's über die Temperaturerhöhung einer invertirenden Rohrzuckerlösung eine neue Stütze gewonnen, indem sie zeigt, dass auch in dieser Beziehung der Invertzucker sich so verhält, wie man es von dem blossen Traubenzucker erwarten müsste.

Es genügt nicht im Allgemeinen zu sagen, dass Dextrose und Levulose verschieden seien und dass man daher nicht die eine an die Stelle der andern setzen dürfte. Man muss vielmehr erwägen, in wiefern und in welchem Umfange die Eigenschaften der beiden Verbindungen übereinstimmen, und man muss sich namentlich vergegenwärtigen, welche Consequenzen rücksichtlich dieses Verhältnisses aus der einen und andern Theorie über die Fermentwirkung sich ergeben. Wie ich bereits angeführt habe, nimmt der wasserfreie Traubenzucker (nach der Analogie der krystallwasserführenden und wasserfreien Salze zu schliessen) ein um 12 bis 13 Proz. grösseres Volumen ein, als der Rohrzucker sammt der zugehörigen Wassermenge ($C_{12} H_{22} O_{11} + H_2 O$), und muss demnach auch eine entsprechend grössere Menge von gebundener Wärme enthalten. Würde nun der Invertzucker weniger latente Wärme besitzen als der Rohrzucker, so müsste die eine Hälfte desselben den Ueberschuss der andern mehr als conpensiren; die Levulose müsste an Volumen und an Spannkraft dem Rohrzucker um einen grösseren Be-

in 3 zusammenzufassen: 1) das Zerfallen der Micelle in die einzelnen Moleküle, 2) die chemische Umwandlung vom Dextrin bis zur Dextrose, 3) der Uebergang von der Dichtigkeit der anfänglichen micellaren Dextrinlösung zur schliesslichen Dichtigkeit der Dextroselösung.

trag nachstehen als die Dextrose ihm voraus ist, und es ergäbe sich zwischen Levulose und Dextrose ein so grosser Unterschied, wie er wohl ganz undenkbar ist. Enthält aber der Invertzucker mehr latente Wärme als der Rohrzucker, so bleibt noch hinreichender Raum für die Verschiedenheit seiner beider Componenten, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass der Levulose etwas weniger Spannkraft zukommt als der Dextrose und dass sie die etwas festere Verbindung darstellt, wie sie auch schwieriger vergärt.

Wenn aus chemischen und physikalischen Gründen dem Invertzucker im Vergleich mit dem Rohrzucker eine grössere Menge von gebundener Wärme zugeschrieben werden muss, so sprechen physiologische Erwägungen nicht minder zu Gunsten dieser Annahme. Jedenfalls ist, wie wir aus vielfachen Beispielen erkennen, diejenige Verbindung geeigneter für den Assimilationsprozess, welche unter übrigens gleichen Umständen mehr Spannkraft enthält. Würde nun der Rohrzucker bei der Invertirung Wärme abgeben, so müsste man annehmen, dass die Schimmelpilze ein Ferment bilden und ausscheiden, welches die ihnen zu Gebot stehende Nährverbindung, ehe sie dieselbe aufnehmen, in einen für den Lebenschemismus weniger günstigen Zustand überführe, — eine Annahme, die bei der grossen Zweckmässigkeit aller organischen Einrichtungen gewiss sehr unwahrscheinlich ist.

Ueber die vorliegende in physiologischer und chemischer Beziehung wichtige Frage werden wir übrigens erst dann volle Gewissheit erlangen, wenn die Verbrennungswärmen von Rohrzucker, Dextrose und Levulose genau ermittelt sind, wobei es sehr wünschbar wäre, wenn auch die Kenntniss anderer diese Verbindungen betreffenden Constanten vervollständigt würde.

Sitzung vom 7. Februar 1880.

Herr F. Klein legte vor:

„Ueber Relationen zwischen Klassenzahlen binärer quadratischer Formen von negativer Determinante" von J. Gierster in Bamberg.

Die 8 Kronecker'schen Relationen zwischen gewissen Klassenzahlen quadratischer Formen von negativer Determinante sind bekanntlich aus den gewöhnlichen Modulargleichungen durch Resultantenbildung gewonnen worden.[1]) In gleichem Sinne untersuchte ich schon früher die von F. Klein aufgestellten Modulargleichungen der regulären Körper[2]) und teilte insbesondere die Ikosaëderresultate in

1) Betreffs dieser Relationen vergl. man folgende Literatur:

Kronecker: Crelle's Journal Bd. 57 pag. 248 ff. und Berliner Monatsberichte von 1857, 1862, 1875.

Hermite: Sur la théorie des fonctions elliptiques et ses applications à l'arithmétique in den Comptes Rendus Bd. 55 (1862). Vergl. auch den Briefwechsel zwischen Liouville und Hermite ebenda Bd. 53 (1861.)

Joubert: Sur la théorie des fonctions elliptiques et son application à la théorie des nombres in den Comptes Rendus Bd. 50

Stephen Smith: Report of the British Association 1865 Bd. 35.

2) Mathem. Annalen Bd. 14 pag. 123.

den Göttinger Nachrichten vom 4. Juni 1879 mit. Ich habe mich neuerdings in analoger Weise mit den unendlich vielen Formen der Modulargleichungen beschäftigt, welche nach der kürzlich von F. Klein dargelegten allgemeinen Theorie der elliptischen Modulfunctionen[1]) existieren und möchte im folgenden einige bisher von mir erhaltene Resultate mitteilen.

Ich muss dabei hervorheben, dass ich zu diesen neuen Untersuchungen, wie zu meinen früheren durch Herrn F. Klein veranlasst und bei der Ausführung in mannigfacher Weise unterstützt worden bin.

Die Tendenz der neuen Untersuchungen kann folgendermassen bezeichnet werden: Es gilt, bei den Modularcorrespondenzen m^{ter} Stufe die Anzahl der „Coincidenzen" in doppelter Weise abzuzählen, nämlich einmal auf arithmetischem, dann auf algebraischem Wege. Auf arithmetischem Wege erhält man dabei stets eine Summe von Klassenanzahlen; setzt man dann die beiderlei Resultate einander gleich, so hat man, was ich als eine Klassenzahlrelation der m^{ten} Stufe bezeichne, und solcher Klassenzahlrelationen gibt es, den verschiedenen Werten von m entsprechend, unendlich viele. —

Die hiemit bezeichnete Aufgabe ist nun bis jetzt von mir nur teilweise durchgeführt worden.

Die arithmetische Abzählung, welche die linken Seiten unserer Relationen liefert, bietet, auch bei allgemeinstem Ansatze, keinerlei principielle Schwierigkeit. Ich habe die betr. Resultate für eine beliebige Primzahlstufe im 1. Abschnitte dieser Note explicite angegeben.

1) Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu München vom 6. Dezember 1879. Viel ausführlicher in der Vorlesung: Ueber elliptische Modulfunctionen, Sommer 1879.

Hingegen ist eine allgemeine algebraische Abzählung, welche die rechten Seiten der Klassenzahlrelationen der m^{ten} Stufe ergibt, vorerst noch zu ferne liegend. Die Hauptschwierigkeit liegt hier offenbar in der Lösung der Aufgabe, die Modularcorrespondenzen der m^{ten} Stufe auf der Curve des Geschlechtes p nach einer allgemeinen auf alle Transformationsgrade passenden Methode durch allgebraische Gleichungen zu definieren. Verhältnissmässig einfach aber gestaltet sich diese Abzählung noch, wenn die betrachteten Congruenz-Moduln Hauptmoduln im Sinne von pag. 92 sind.[1]) Für sie ist nämlich $p = o$ und man hat es mit Modulargleichungen schlechthin, nicht aber mit Modularcorrespondenzen zu thun. Ich habe mich bei Untersuchung der rechten Seiten bisher ausschliesslich mit solchen Hauptmoduln beschäftigt. Sie allein schliessen schon eine grosse Menge der genannten Klassenzahlrelationen in sich ein. Insbesondere enthalten sie auch die 8 Kronecker'schen Formeln, welche nach der hier gemachten Einteilung als Formeln 2., 4., 8., 16. Stufe erscheinen.

Was an diesen Formeln besonders bemerkenswert erscheint, ist der Umstand, dass ihre rechten Seiten sämtlich sich durch höchsteinfache apriori angebbare Teilersummen darstellen lassen, dass sie also durchgehends mit den 8 Kronecker'schen Relationen in Bezug auf ihren einfachen arithmetischen Aufbau auf gleicher Stufe stehen. Indess habe ich von einer Aufzählung aller dieser letztbezeichneten Resultate abgesehen und mich im II. Abschnitt der Note darauf beschränkt, die Gesamtergebnisse zu bezeichnen, welche mit den genannten Mitteln für die siebente Stufe gewonnen werden.

---

1) Blosse Citate auf Seitenzahlen beziehen sich immer auf die eingangs citierte Abhandlung von F. Klein in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften zu München.

I. Die linken Seiten für beliebige Primzahlstufen.

Die folgenden Erörterungen beziehen sich auf ein vollständiges System ausgezeichneter Congruenz-Moduln der m^{ten} Stufe, wo m eine Primzahl > 2 sein soll. Dieses Modulsystem soll weiterhin nach pag. 93 so gewählt sein, dass es für verschiedene Werte ω und ω' dann und nur dann dasselbe Wertsystem M'_1, M'_2, . . . aufweist, wenn ω und ω' auseinander durch ganzzahlige Substitutionen $\begin{vmatrix}\alpha & \beta \\ \gamma & \delta\end{vmatrix} \equiv \begin{vmatrix}1 & 0 \\ 0 & 1\end{vmatrix}$ mod. q von der Determinante $\alpha\delta - \beta\gamma = 1$ hervorgehen, dass sie hingegen für Substitutionen $\begin{vmatrix}\alpha & \beta \\ \gamma & \delta\end{vmatrix}$, welche mod. q nicht zur Identität congruent sind, sich linear transformieren.

Die Gruppe dieser linearen Transformationen besteht bei den hier gemachten Einschränkungen, wie bekannt, aus $\frac{q(q^2-1)}{2}$ Substitutionen.

Ich muss nun zunächst die F. Klein'schen Resultate, welche diese Modulsysteme betreffen, nach 2 Richtungen hin weiter ausführen.

1) Neben die von F. Klein genannte Modularcorrespondenz der q^{ten} Stufe stellen sich noch $q \cdot \frac{q^2-1}{2} - 1$ weitere, welche alle aus jener dadurch hervorgehen, dass man das ursprüngliche Modulsystem M, M_1, M_2, . . fest lässt, hingegen das transformierte M', M'_1, M'_2 den eben genannten $\frac{q(q^2-1)}{2}$ Substitutionen (von den Identität abgesehen) unterwirft. Arithmetisch gelangt man zu denselben nach pag. 95 dadurch, dass man in $M(\omega)$, $M_1(\omega)$, . . . an Stelle von ω $\omega' = \frac{1}{n}\,\frac{\alpha\omega+\beta}{\gamma\omega+\delta}$ setzt und $M(\omega')$, $M_1(\omega')$, . . . beziehungsweise mit $M'(\omega)$, $M_1{}'$, (ω) . . . bezeichnet. Hiebei

bedeutet $\begin{vmatrix}\alpha & \beta \\ \gamma & \delta\end{vmatrix}$ irgend eine ganzzahlige Substitution von der Determinante 1 und alle derartigen Substitutionen $\begin{vmatrix}\alpha' & \beta' \\ \gamma' & \delta'\end{vmatrix}$, welche mod. q zu $\begin{vmatrix}\alpha & \beta \\ \gamma & \delta\end{vmatrix}$ congruent sind, liefern dieselbe Modularcorrespondenz. Dem entsprechend will ich die einzelne Correspondenz im folgenden kurz durch

$$\omega' = \frac{1}{n}\frac{\alpha\omega + \beta}{\gamma\omega + \delta}$$

bezeichnen.

Nach pag. 99 geht ferner jede dieser Correspondenzen durch $\frac{q(q^2-1)}{2}$ simultane Substitutionen der beiden Modulsysteme M, M' in sich über und wenn insbesondere der Transformationsgrad n quadratischer Rest mod. q ist, so gibt es eine Correspondenz, für welche diese simultanen Substitutionen cogredient (d. h. unter sich identisch) sind.

2) Auch für Transformationsgrade n, welche zu q nicht relativ prim sind, existieren in gewissem Sinne Modulargleichungen, bez. Modularcorrespondenzen, nämlich algebraische Relationen zwischen den gegebenen und den transformierten Moduln.

Ich begnüge mich hinsichtlich dieser Gleichungen, die als besonderen Fall die gewöhnlich sogenannten Modulargleichungen zwischen $\sqrt[4]{\varkappa}$, $\sqrt[4]{\lambda}$ für einen durch 2 teilbaren Transformationsgrad einschliessen, mit einigen wenigen Bemerkungen, die für das Folgende nötig sind.

Der Grad dieser Gleichungen für die Transformation n[ter] Ordnung ist in den einzelnen Variablen durch $n.\Pi'\left(1+\frac{1}{r}\right)$ dargestellt. Hiebei erstreckt sich das Produkt Π' über alle verschiedenen in n enthaltenen Primzahlen r mit Ausnahme von q. Ferner bleiben diese Correspondenzen bei $\frac{q^2(q-1)}{2}$

simultanen Substitutionen der beiden Modulsysteme ungeändert. Da es im ganzen $\frac{q^2(q^2-1)^2}{4}$ derartige Substitutionen gibt, so existieren überhaupt $\frac{(q^2-1)(q+1)}{2}$ Modulargleichungen der gemeinten Art. —

Nunmehr handelt es sich darum, auf zahlentheoretischem Wege die Coincidenzen aller dieser Modularcorrespondenzen abzuzählen d. h. anzugeben, wie oft es vorkommt, dass das ursprünglich gegebene Modulsystem

$$M, M_1, \ldots$$

mit dem transformierten

$$M', M'_1, \ldots$$

übereinstimmt.

Wir wollen der leichteren Ausdrucksweise halber in dem Falle, wo n auch quadratische Teiler ϱ^2 besitzt, welche zu q relativ prim sind, nicht an den im vorhergehenden besprochenen irreduciblen Correspondenzen festhalten,[1]) sondern auch alle jenen irreduciblen Gleichungen zu gleicher Zeit im Auge behalten, welche den Transformationsgraden $\frac{n}{\varrho^2}$ entsprechen. Ist n ein reines Quadrat, so hat man noch eine gewisse Verabredung, die Transformation 1. Ordnung betreffend, hinzuzufügen.

Verstehen wir jetzt mit Kronecker unter H (n) die Anzahl aller Klassen quadratischer Formen $Px^2+Qxy+Ry^2$ von der negativen Determinante

$$Q^2-4PR=-n,$$

wobei jedoch die Formenklassen $Px^2+Pxy+Py^2$ und

1) Hält man an den irreduciblen Gleichungen fest, so sind alle quadratischen Formen $Px^2+Qxy+Ry^2$, für welche P, Q, R mit n einen Teiler gemeinsam haben, bei Berechnung der Klassenzahlen auszuschliessen. Vergl. Joubert, die citierte Abhandlung.

$Px^2 + Py^2$ beziehungsweise als $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{2}$ gezählt werden und $H(o) = -\frac{1}{12}$ gesetzt wird, so ist die Anzahl der für die Correspondenz

$$\omega' = \frac{1}{n} \frac{\alpha\omega + \beta}{\gamma\omega + \delta}$$

entstehenden Coincidenzen im allgemeinen durch:

$$g \Sigma H (4n - l_1^2)$$

dargestellt. Hier bedeutet g eine ganze Zahl, welche ich das Gewicht nenne, und l_1 beschreibt die sämmtlichen positiven und negativen ganzen Zahlen, eventuell auch o, welche $\equiv \pm i \equiv \pm (\delta n + \alpha)$ mod. q sind und für welche

$$\Delta = 4n - l_1^2$$

nicht negativ wird. Das Gewicht g[1]), welches als Multiplicator der Klassenzahlsumme auftritt, ist gleich der Anzahl derjenigen linearen Transformationen der betrachteten Modularcorrespondenzen in sich, welche zu gleicher Zeit die Gleichungen:

$$M : M_1 : M_2 : \ldots = M' : M'_1 : M'_2 : \ldots$$

in sich überführen und jeder der aufgezählten Klassen quadratischer Formen entspricht ein Cyclus von solchen Coincidenzen, welche durch die g bezeichneten Substitutionen in einander übergehen.

Dieses allgemeine Verhalten bedarf nur in einigen speciellen Fällen, welche sich auf die Determinante $\Delta = 4n - l_1^2 \equiv o$ mod. q beziehen, einer Ergänzung. Sind nämlich die $\frac{q(q^2-1)}{2}$ simultanen Substitutionen der Cor-

1) Diese Auffassung des Gewichtes g verdanke ich Herrn F. Klein.

respondenzen in sich cogredient, — ein Fall, der, wie oben geschildert, nur eintritt, wenn der Transformationsgrad n quadratischer Rest mod. q ist, — so ist die Anzahl der Coincidenzen durch:

$$\frac{q(q^2-1)}{2} \Sigma H\left(\frac{4n - l^2}{q^2}\right)$$

dargestellt, wo l sich über alle jene positiven und negativen Werte hin erstreckt, für welche $4n - l^2$ nicht negativ und durch q^2 teilbar ist. Für die übrigen Correspondenzen des Falles $\Delta \equiv o$ mod. q sind dann in den Klassenzahlsummen links jedesmal alle jene Formen ausgeschlossen, für welche

$$P \equiv Q \equiv R \equiv o \text{ mod. } q$$

ist. Ist in diesem Falle $q \equiv 3$ mod. 4, so wird die entstehende Anzahl von Coincidenzen durch

$$\frac{g}{2}\left(\Sigma H\left(4n - l^{2}_{2\sqrt{n}}\right) - \Sigma H\left(\frac{4n - l^2}{q^2}\right)\right)$$

$$\text{oder} \quad g\left(\Sigma H\left(4n - l^{2}_{0\sqrt{n}}\right) - \Sigma H\left(\frac{4n - l^2}{q^2}\right)\right)$$

dargestellt, je nachdem $n \gtrless o$ mod. q, oder $n \equiv o$ mod. q ist. Wenn hingegen der Modul $q \equiv 1$ mod. 4 ist, so trennen sich ausserdem noch diejenigen Klassen quadratischer Formen von einander, durch welche quadratische Reste und jene, durch welche quadratische Nichtreste mod. q darstellbar sind, für welche also der Charakter $\left(\frac{P}{q}\right)$ den Wert $+1$, bez. -1 hat. Bezeichnen wir die Anzahl der Klassen erster Art mit $\underset{+1}{H}(n)$, jene der zweiten mit $\underset{-1}{H}(n)$, so sind die bezüglichen Coincidenzzahlen durch

$$g \underset{+1}{\Sigma H}\left(4n - l^{2}_{2\sqrt{n}}\right)$$

$$\text{oder} \quad g \underset{-1}{\Sigma H}\left(4n - l^{2}_{2\sqrt{n}}\right)$$

dargestellt, je nachdem β, γ quadratische Reste oder Nichtreste mod. q sind. — Der Index $2\sqrt{n}$ bedeutet hier eine Zahl, welche, zum Quadrat erhoben, $\equiv 4n$ mod q ist.

Hinsichtlich des Gewichtes g hat man, abgesehen von der cogredienten Correspondenz, folgende Resultate: Im Falle $l_1 \lessgtr o$ mod. q ist

$$g = \frac{1}{2}\left[q - \left(\frac{-1}{q}\right)\right] \text{ oder } = \frac{1}{2}\left[q + \left(\frac{-1}{q}\right)\right]$$

oder $= q$, je nachdem $\varDelta = 4n - l_1^2$ quadratischer Rest, oder Nichtrest oder congruent o mod. q ist. Dabei bedeutet $\left(\frac{-1}{q}\right)$ das Legendre'sche Zeichen, also $+1$ oder -1, je nachdem $q \equiv 1$ oder $\equiv 3$ mod. 4 ist. Ist $l \equiv o$ mod q, so ist g für jeden der bezeichneten Fälle gerade das Doppelte des angegebenen Wertes. Nur eine Ausnahme findet hier ($l \equiv o$ mod. q) statt. Wenn nämlich $\varDelta \equiv o$, $q \equiv 3$ mod 4 und $n \equiv o$ mod. q ist, so wird wieder $g = q$ statt $2q$ sein.

Die Anzahl μ aller Correspondenzen der Transformation n. Ordnung, welche ein und dasselbe g liefern, ist im allgemeinen $\frac{q(q^2-1)}{2g}$ und sie alle besitzen dieselbe Anzahl von Coincidenzen, indem diese nämlich durch ein und dieselbe Klassenzahlsumme dargestellt ist. Sie gehen aus einander hervor, wenn man simultan die beiden Modulsysteme den $\frac{q(q^2-1)}{2}$ cogredienten Substitutionen unterwirft. Nur für den Fall $\varDelta \equiv o$ ist dieses wieder dahin zu ergänzen, dass es für denselben Wert von g (wieder abgesehen von der cogredienten Correspondenz) 2 Arten von Modularcorrespondenzen gibt, sobald $n > o$ mod. q oder gleichzeitig $n \equiv o$ mod. q, $q \equiv 1$ mod. 4 ist.

Von den ausgezeichneten Modulsystemen der q^{ten} Stufe, wie sie bisher vorausgesetzt waren, kann

man nunmehr unmittelbar herabsteigen zu nicht ausgezeichneten Systemen von Congruenz-Moduln N, N_1, N_2 .. derselben Stufe d. h. zu solchen Modulsystemen, welche ausser bei ganzzahligen Substitutionen $\omega' = \frac{\alpha\omega + \beta}{\gamma\omega + \delta} \equiv \begin{vmatrix} 1 0 \\ 0 1 \end{vmatrix}$ mod. q auch noch bei anderen solchen Substitutionen der Determinante 1 ungeändert bleiben. Diese Substitutionen sind in jedem speciellen Falle durch gewisse Congruenzen für $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ mod. q definiert. Alle diese Moduln lassen sich nach pag. 92 als rationale Functionen der erst betrachteten ausgezeichneten Moduln der q^{ten} Stufe darstellen und die verschiedenen Wertsysteme des Systems ausgezeichneter Moduln, welche einem festen Wertsysteme des nicht ausgezeichneten Modulsystems entsprechen, gehen aus einander durch gewisse lineare Substitutionen der ersteren hervor, welche eine in der Gesammtheit der $\frac{q(q^2-1)}{2}$ Substitutionen enthaltene Untergruppe bilden. Hieraus ergibt sich sofort, dass das nicht ausgezeichnete Modulsystem für verschiedene Werte ω und ω' nur dann dieselben Werte aufweist, wenn die diesen ω Werten entsprechenden Wertsysteme des ausgezeichneten Modulsystems durch eine Substitution der letztgenannten Untergruppe aus einander hervorgehen. Dem entsprechend treten jetzt linker Hand als Anzahlen von Coincidenzpunkten einfach lineare Combinationen der oben beschriebenen Klassenzahlaggregate auf, die sich in jedem speciellen Falle leicht hinschreiben lassen.

II. Die rechten Seiten für die siebente Stufe.

Von den ausgezeichneten Moduln, wie sie im ersten Abschnitt beschrieben sind, sind nur diejenigen der ersten fünf Stufen Hauptmoduln. Sie liefern die Modulargleich-

ungen der regulären Körper d. h. die Modulargleichungen der rationalen Invariante, des Doppelverhältnisses, Tetraeders, Oktaeders und Ikosaeders[1]) und für sie lassen sich daher die rechten Seiten der bezüglichen Klassenzahlrelationen einzeln leicht ermitteln. Dagegen treten für die genannten ausgezeichneten Congruenz-Moduln höherer Stufen bereits Modular correspondenzen auf. Es können aber noch vielfach nichtausgezeichnete Moduln der q^{ten} Stufe vorkommen, welche wieder Hauptmoduln sind. Ich möchte mir vorhalten, bei einer nächsten Gelegenheit eine volle Aufzählung dieser Fälle zu geben.

Für die siebente Stufe schreibe ich folgende wesentlich verschiedene Hauptmoduln hin:

1. $$M = \frac{\lambda^2 \mu}{\nu^3}$$

2. $$N = \frac{\lambda\mu + \mu\nu + \nu\lambda}{\lambda^2 + \mu^2 + \nu^2}$$

3. $$\begin{cases} Q_1 = \dfrac{(\lambda + \mu + \nu)\,(\gamma^6 A^2\lambda + \gamma^3 C^2\mu + \gamma^5 B^2\nu)}{(\lambda^2 + \mu^2 + \nu^2) + \dfrac{-1-\sqrt{-7}}{2}\,(\lambda\mu + \mu\nu + \nu\lambda)} \\[2ex] Q_2 = \dfrac{(\lambda + \mu + \nu)\,(\gamma A^2\lambda + \gamma^4 C^2\mu + \gamma^2 B^2\nu)}{\lambda^2 + \mu^2 + \nu^2 + \dfrac{-1+\sqrt{-7}}{2}\,(\lambda\mu + \mu\nu + \nu\lambda)} \end{cases}$$

Aus ihnen setzen sich alle übrigen Hauptmoduln der siebenten Stufe rational zusammen. — Die Bedeutung der Grössen $\lambda, \mu, \nu, \gamma$, A, B, C ist hier dieselbe wie in der F. Klein'schen Abhandlung: Ueber

1) F. Klein: Ueber die Transformation der elliptischen Functionen und die Auflösung der Gleichungen fünften Grades in den Mathem. Annalen Bd. XIV pag. 162.

die Transformation 7. Ordnung der elliptischen Functionen, Mathem. Annalen Bd. XIV (insbes. pag. 440, 444, 445). —

Ausserdem sei bemerkt, dass für Transformationsgrade $n \equiv o \bmod 7$ wieder wirkliche Modulargleichungen zwischen λ, μ, ν und λ', μ', ν' stattfinden, indem diese Gleichungen von selbst nur die Grössen $M = \frac{\lambda^2 \mu}{\nu^3}$, $M' = \frac{\lambda'^2 \mu'}{\nu'^3}$ enthalten.[1]) Diese Angabe entspricht dem, dass man die Ikosaedermodulargleichungen für einen durch 5 teilbaren Transformationsgrad als Gleichungen zwischen η^5 und η'^5 anschreiben kann, wie hier beiläufig bemerkt sei.

Auf Grund der genannten Hauptmoduln 7. Stufe gelingt es nun, die sämmtlichen Formeln 7. Stufe mit Hilfe eines einzigen Parameters ξ (n) darzustellen, der übrigens nur dann einen von Null verschiedenen Wert haben kann, wenn n quadratischer Rest mod. 7 ist. Nach Adjunction dieses Parameters drücken sich die sämtlichen rechten Seiten der Klassenzahlformeln 7. Stufe durch höchst einfach definierte Teilersummen des Transformationsgrades n aus, während der Parameter ξ(n) selbst sich nicht allgemein durch diese Teilersummen darstellt, und daher als eine wesentlich complicierte zahlentheoretische Function erscheint, über die ich bei einer anderen Gelegenheit Mitteilung machen möchte.

Die angedeuteten Teilersummen von n sind folgende:

1) Φ (n) ist die Summe aller Teiler von n

1) Z. B. hat man nach einer Rechnung, die Herr Klein gelegentlich anstellte, für $n = 7$ folgende Gleichung:

$$1 - MM' = [2(\gamma + \gamma^6) + 3(\gamma^2 + \gamma^5)](M + M' + 1).$$

2) $\Psi(n)$ ist die Summe der Teiler von n, die $>\sqrt{n}$ sind, weniger der Summe der Teiler von n, die $<\sqrt{n}$ sind.

3) U_1 bedeutet die Summe jener Teiler a_1 von n, die $<\sqrt{n}$ sind und zugleich die Bedingung $a_1 \equiv \pm i \mod 7$ erfüllen, mit der Festsetzung, dass wenn n ein reines Quadrat und $\sqrt{n} \equiv \pm i \mod 7$ ist, zu dieser Summe noch $\frac{1}{2}\sqrt{n}$ hinzuaddiert werde.

4) $U_1^{(\nu)}$ bedeutet die Summe der Teiler von n, welche $<\sqrt{n}$, durch $7^{(\nu)}$ teilbar und durch 7^{ν} dividiert congruent $\pm i \mod 7$ sind.

5) Ausserdem bedeutet $\xi(n)$, wie schon soeben gesagt, die hier nicht näher zu definierende höhere zahlentheoretische Function.

Die Formeln 7. Stufe sind dann (nach Hinwegwerfung von gemeinsamen Factoren) folgende:

I. n = quadr. Rest mod. 7

1) $3.\ \Sigma H\ \frac{4n - 1^2}{49} = \xi(n)$

2) $3.\ \Sigma H\ (4n - 1^2_0) = \Phi(n) - 6\,U_{\sqrt{n}} - 14\,\xi(n)$

3) $3.\ \Sigma H\ \left(4n - 1^2_{\sqrt{n}}\right) = \Phi(n) - 3\,U_{2\sqrt{n}} - 3\,U_{4\sqrt{n}}$

$$= \frac{1}{2}\,(3\,\Psi(n) - \Phi(n)) + 3\,U_{\sqrt{n}}$$

4) $3.\ \Sigma H\ \left(4n - 1^2_{2\sqrt{n}}\right) = \Phi(n) - 6\,U_{\sqrt{n}} - 7\,\xi(n)$

5) $6.\ \Sigma H\ \left(4n - 1^2_{4\sqrt{n}}\right) = \Phi(n) + 12\,U_{\sqrt{n}} + 28\,\xi(n)$

II. n = quadr. Nichtrest mod. 7

1) $3.\ \Sigma H\ (4n - l_0^2) = \Phi(n) - 6\, U_{\sqrt{-n}}$

2) $4.\ \Sigma H\ \left(4n - l^2_{\sqrt{-n}}\right) = \Phi(n)$

3) $3.\ \Sigma H\ \left(4n - l^2_{2\sqrt{-n}}\right) = \Phi(n) - 3\, U_{2\sqrt{-n}} - 3\, U_{4\sqrt{-n}}$

$= \frac{1}{2}\ (3\Psi(n) - \Phi(n)) + 3\, U_{\sqrt{-n}}$

4) $4.\ \Sigma H\ \left(4n - l^2_{4\sqrt{-n}}\right) = \Phi(n)$

III. n ≡ o mod. 7.

$n = 7^{\mu}\ m;\ m \gtrless o \bmod. 7.$

1) $\Sigma H\ (4n - l_0^2) = 2\Phi(m) + 7\Phi\left(\frac{n}{49}\right) + 7\ \Psi\ \left(\frac{n}{49}\right)$

2) $3.\ \Sigma H\ (4n - l_d^2) = 7^{\mu}\ \Phi(m) - 3\, U_d^{(o)} - 3\, U^{(\mu)}_{\frac{m}{d}}$

Die Summen linker Hand erstrecken sich für die so geschriebenen Formeln über folgende Zahlensysteme:

1) $l_0 = 0, \pm 7, \pm 14, \ldots\ldots \equiv o \bmod. 7,$
2) $l_1 = 1, 6, 8, 13\ \ldots\ldots \equiv \pm 1 \bmod. 7,$
3) $l_2 = 2, 5, 9, 12\ \ldots\ldots \equiv \pm 2 \bmod. 7,$
4) $l_4 = 3, 4, 10, 11\ \ldots\ldots \equiv \pm 4 \bmod. 7,$

und sind so lange fortzusetzen, als $4n - l_i^2$ nicht negativ ist. Dessgleichen beschreibt l alle positiven ganzen Zahlen, für welche $\frac{4n - l^2}{49}$ eine ganze positive Zahl oder Null ist. Ferner sind $\Phi\left(\frac{n}{49}\right)$ und $\Psi\left(\frac{n}{49}\right)$ gleich Null zu setzen, falls $\frac{n}{49}$ keine ganze Zahl sein soll, und der Index

$r\sqrt{\mu}$ bedeutet immer jenen kleinsten quadratischen Rest mod. 7, welcher ins Quadrat erhoben $\equiv \mu r^2$ mod. 7 ist. Endlich bedeutet der Index d in Formel III, 2 einen beliebigen der quadratischen Reste 1, 2, 4 mod. 7, so dass diese eine Formel 3 Formeln vertritt. —

Zum Schlusse schreibe ich beispielsweise noch je eine Formel 9ter, 13ter und 11ter Stufe hin.

I. Sei $n \equiv$ quadr. Nichtrest mod. 9, so ist:

$$3\Sigma H(4n - l_0^2) = \Phi(n) - 6U_{\sqrt{-n}}$$

II. Sei $n \equiv 5$ mod. 13, so ist:

$$6\Sigma H(4n - l_6^2) = \Phi(n) - 6U_1 - 6U_5$$

III. Sei $n \equiv 1$ mod. 11, so ist:

$$22\Sigma H\left(\frac{4n - l^2}{121}\right) + 3\cdot\Sigma H(4n - l_0^2) + 4\Sigma H(4n - l_1^2)$$
$$+ 2\Sigma(H(4n - l_3^2) + 2\Sigma H(4n - l_4^2) = \Phi(n) + \Psi(n).$$

Die auftretenden Symbole sind hiebei ebenso definiert, wie bei den Formeln 7. Stufe, nur dass an Stelle von mod. 7 beziehungsweise mod. 9, mod. 13, mod. 11 zu setzen ist.

Ich knüpfe hieran noch einige Bemerkungen über Liouville's einschlägige Arbeiten. Bekanntlich war Liouville der Erste, der in dem hier behandelten Gebiete über Kronecker hinaus ging. Auf seine reinzahlentheoretischen Ansätze gestützt konnte er auf die Existenz von unendlich vielen den Kronecker'schen analogen Klassenzahlformeln hinweisen. Die Analogie der Liouville'schen mit den Kronecker'schen Formeln bestand hauptsächlich darin, dass es sich hier wie dort um Aggregate von Klassenzahlen quadratischer Formen von negativen

Determinanten handelte, welche eine arithmetische Reihe 2. Ordnung bildeten. Hingegen kam Liouville, so viel ich weiss, nirgends ausdrücklich auf die Frage zurück, welcher Art die zahlentheoretischen Functionen sind, durch welche jene Klassenzahlaggregate definiert werden können, und es ist klar, dass diese Functionen im allgemeinen wesentlich complicierter ausfallen werden, als jene einfachen Teilersummen, welche ausschliesslich in den oft erwähnten 8 Kronecker'schen Formeln enthalten sind.[1]) Aber im besonderen können wohl solche Aggregate auftreten, zu deren Definition derartige einfache Teilersummen hinreichen und welche also in jeder Beziehung mit den 8 Kronecker'schen Formeln anolog sind. Indess hat Liouville nur eine geringe Anzahl derartiger neuer Formeln in kleinen, sehr zerstreuten Abhandlungen wirklich explicite hingestellt.[2])

Von diesen fallen nur zwei unter die bislang von mir gewonnenen Resultate. Seine Formeln im Journal de Mathématiques sér. 2 Bd. XIII pag. 2, und Bd. XIV pag. 262 sind nämlich beziehungsweise specielle Formeln 6. und 10. Stufe. Hingegen findet sich keine der von mir im vorhergehenden mitgeteilten Relationen unter den Liouville'schen Angaben. Möglicherweise sind aber derartige Resultate implicite in den Liouville'schen Abhandlungen enthalten und dann müsste allerdings der rein arithmetischen Methode Liouville's der Vorrang gelassen werden. Aber ganz abgesehen von dem zahlentheoretischen

1) Formeln, in denen compliciertere zahlentheoretische Functionen auftreten, hat späterhin auch Kronecker aufgestellt und zwar durch Umformung von Θ-Reihen, vergl. Berliner Monatsberichte von 1875 pag. 225 ff.

2) Vergl. Liouvilles Journal, sér. 2, Bd. XII p. 98, Bd. XIII p. 1. ff. Bd. XIV p. 2, 7, 8, 262, sowie die allgemeinen Auseinandersetzungen in Bd. III—VIII ebenda, insbesondere die Bemerkungen in Bd. VII, p. 44.

Werte dieser Untersuchungen ist es immerhin für den neuen Stand der elliptischen Modulfunctionen bezeichnend, dass nunmehr auch hier auf dem ursprünglich von Kronecker eingeschlagenen Wege in Bezug auf solche Klassenzahlrelationen ein unendlicher Ausblick eröffnet ist, während das alte Gebiet derselben mit den erwähnten 8 Kronecker'schen Formeln vollkommen erschöpft war. (Vergl. Kronecker in den Berliner Monatsberichten von 1875 pag. 235).

Herr Dr. C. W. Gümbel legt vor und bespricht:

„Geognostische Mittheilungen aus den Alpen."

VI.

Ein geognostischer Streifzug durch die Bergamasker Alpen.

In meiner fünften Mittheilung über geognostische Verhältnisse der Alpen[1]), welche der Klarlegung der Stellung der Pflanzenreste-führenden Sandsteinbildungen von Recoaro gewidmet ist, habe ich bereits im Vorübergehen des Streifzuges gedacht, den ich nach meinem Besuche Recoaro's westwärts durch die Bergamasker Alpen unternommen und über den ich ausführlicher zu berichten mir vorbehalten habe.

In den folgenden Blättern werde ich nun versuchen, das Wichtigste von den Beobachtungen mitzutheilen, die ich bei diesen Wanderungen durch einen der schönsten und lehrreichen Theile der Alpen anzustellen Gelegenheit fand. Hierbei hielt ich meine Aufmerksamkeit in erster Linie auf die Untersuchungen derjenigen Verhältnisse gerichtet, welche sich auf die Frage über die westliche Fortsetzung der Pfanzenreste-führenden Schichten von Neu-

---

1) Sitzungsbericht d. math.-phys. Classe d. k. bayer. Acad. d. Wiss. in München vom 1. März 1879.

markt-Recoaro und auf das Fortstreichen des Bellerophonkalks beziehen.

Gestatten die ausführlichen Schilderungen früherer Forscher in diesen Gegenden insbesondere jene Escher's von der Linth, Ragazzoni's, Curioni's, Frz. v. Hauer's, Stoppani's, Benecke's und von Lepsius bereits einen tiefen Einblick in die allgemeinen Gebirgsverhältnisse dieser alpinen Gebiete, so sind es doch wohl vor allen die bahnbrechenden Abhandlungen von Ed. Suess,[2]) durch welche über die mich besonders beschäftigende Frage der Stellung und Bedeutung gewisser pflanzenführenden Schichten der westlichen Alpen eine gesicherte Grundlage gewonnen wurde und an die auch ich meine Untersuchungen zunächst anzuknüpfen versuchen musstè.

Es ist zu bekannt, um es hier ausführlicher zu wiederholen, dass in den Bergamasker Alpen in Val Trompia bei Collio Pflanzenreste zuerst von dem Director Giovanni Bruni entdeckt, dann von Ragazzoni und Curioni bekannt gemacht und beschrieben, endlich neuerlichst durch Suess eingehend untersucht worden sind, welche Geinitz als solche der Dyasformation erkannt hat.

In derselben Gegend, in welcher diese postcarbonischen Bildungen entwickelt sind, finden sich nun auch und zwar in sehr ausgezeichneter Weise jene so charakteristischen Seisserschichten mit *Posidonomya Clarai*, welche in Südtirol und bei Recoaro unmittelbar die Pfanzenreste-führenden unteren Voltziensandsteine und die Bellerophonkalke oder deren Stellvertreter überlagern. Desshalb war es mir im hohem Grade wahrscheinlich, dass in diesen westlichen Alpengegenden mit den Seisserschichten auch das Neumarkt-Recoaro-Pflanzenlager, die unteren

2) Die Aequivalente des Rothliegenden in den Südalpen. Sitz. d. k. k. Acad. d. Wiss. in Wien Bd. LVII. 1. Febr. und April Heft 1868.

Voltzienschichten und die Stellvertreter der Bellerophonkalke, wenigstens angedeutet sich auffinden liessen und in diesem Falle mitten zwischen Seisserschichten und den Dyasbildungen eingebettet durch ihre Lagerungsweise die wichtigsten Aufschlüsse über den engeren Anschluss entweder an die unterlagernden postcarbonischen Gebilde, oder an die aufliegenden Seisserschichten der Trias, damit zugleich auch die Entscheidung über ihre Zugehörigkeit zu den Dyas oder Trias zu geben im Stande wären. Oder sollten gar die Pflanzenschiefer von Collio nichts anderes sein, als eine besonders ausgebildete Facies der Voltzienschichten von Neumarkt und Recoaro, weil weder Curioni, noch Suess, noch Lepsius ein zweites oberes Pflanzenlager in diesen Gegenden erwähnen? Möglich wäre es aber auch, dass das Pflanzenlager und die Bellerophonkalke nach Westen sich gänzlich auskeilen und verschwinden. Mit diesen Erwäggungen und Erwartungen betrat ich das Gebiet westwärts von Storo, Val Bona und Lago d'Idreo.

Riva und Val Ampola:

Ich werfe nur einen flüchtigen Blick gleichsam als Einleitung auf das östlich vorliegende Gebiet bei Riva zwischen dem Garda- und Idreosee, weil uns in dem Ueberschreiten der Gardasee-Spalte westwärts ein von dem anschliessenden östlichen Gebiete in Südtirol durchaus verschiedene Gebirgsentwicklung entgegentritt und eine neue geognostische Landschaft sich ankündigt. Das weite Vordringen tertiärer Ablagerungen in dem Gardaseeeinschnitt nach Norden liefert den Beweis, dass hier schon frühzeitig eine grossartige Einbuchtung bestand, die von S. in das Hochgebirge weit hineinragte. Ich erinnere nur an die schönen Aufschlüsse in den tiefsten und ältesten Tertiärablagerungen mit *Rhynchonella polymorpha* (Spileccoschichten) in einer Schlucht unmittelbar ostwärts von Torbole am Gardasee,

wo ich die nach NW. geneigten Breccien-artigen Tertiärschichten auf die Kalke des Mt. Baldo direct aufgelagert fand. Im Hangenden folgen dann die mächtigen Nummulitenkalke gegen Nago und Vignole.

Diese Gebilde umsäumen den Ostrand der grossen See-Bucht und ziehen sich auch noch am Nordrande hin, wo sie an der Burg von Arco in Form von *Foraminiferen*-reichen jüngeren Mergellagen zu beobachten sind. Auch die höchst auffallende inselartige Erhebung des Mt. Brione mitten aus der alten Seefläche besteht aus ziemlich stark nach W. geneigten Bänken von Tertiärschichen. Die Grundlage bilden auch hier Nummulitenkalke; darüber folgen wenig mächtige, mergelige glauconitische, versteinerungsreiche Sandsteine, auf welchen die grauen mergeligen Bänke des Westgehänges in grosser Mächtigkeit aufruhen. Ich sammelte aus den glauconitischen Lagen in der Nähe des Zollhäuschens an der Strasse von Torbole nach Riva ziemlich zahlreiche Versteinerungen, unter welcher besonders mehrere Arten von Pecten sich auszeichnen, während die übrigen Formen meist nur als Steinkerne erhalten sind. Gemäss der Lagerung und nach dem Gesammteindruck der organischen Einschlüsse scheinen mir diese Schichten mit dem auflagernden grauen Mergel den tieferen oligocänen Schlichten gleichgestellt werden zu dürfen. Herr Theod. Fuchs in Wien, welchem ich die Pecten überschickte, hatte die Güte, auf meine Bitte, diese einer näheren Untersuchung zu entwerfen, wofür ich an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche. Dieser gründlichen Kenner der alpinen Tertiärfaunen, spricht sich dahin aus, dass diese *Pecten* vollkommen mit denjenigen übereinstimmen, welche sich im Grünsande von Belluno finden.

Nach Hörnes nun gehören diese Grünsande von Belluno zu den Schioschichten, was H Fuchs für richtig erachtet und demnach die Grünsande des Monte Brione demselben

Horizonte zuzählt. Indess hält er die Bestimmung der zahlreicheren, hier vorkommenden *Pectenarten* für sehr schwierig. Die eine Art, früher als *P. deletus* Mich. bezeichnet, mit der sie jedoch nicht übereinstimmt, stehe der *P. Burdigalensis* am nächsten, und sei vielleicht mit dieser Art zu vereinigen. Eine zweite Art, früher als *P. Haueri* Mich. bestimmt, gehöre gewiss nicht dieser Art an, sondern nähere sich dem *P. Northamptoni* Mich. (= *P. bonifaciensis* Loc.), mit dem sie ident oder aber neu sei. Bei einem dritten *Pecten* scheine die Uebereinstimmung mit der miocänen *P. camaretensis* Fon. sehr gross. Weiter gehört hieher eine dem *P. miocenicus* Mich. nahestehende Arte. Andere Formen von *Pecten* sind unbestimmbar. Ausserdem liegen mir vor: *Cardita* genau so wie *Arduini* Brongn., dann *Isocardia* aff. *transversa*, *Venus Aglaurae* Brongn. *Crassatella* f. *speciosa* Mich.; *Crassatella* aff. *neglecta* Mich.; *Trochus* spec.; *Dentalium* spec. *Voluta* cf. *Apenninica* Mich.; *Trochocyathus* spec.; *Flabellum* spec.

Die dem Grünsand auflagernden lichtgrauen Mergel sind sehr versteinerungsarm; häufig ist nur eine sehr verdrückte *Panopaea*, welche *intermedia* und *Heberti* nahesteht. Selten kommt auch hier noch die früher als *Pecten Haueri* bestimmte Muschel vor.

Gleich an den letzten Häusern von Riva an der Strasse zum Ledrosee stehen sehr eigenthümliche schwarze, hornsteinreiche Kalkschichten an, welche nach Anlogie mit dem durch *Crinoideen*-Reste und Einschlüsse von *Pecten* näher bestimmten Gesteine von Beseca in Val die Cancei dem unterem Lias angehören. In Folge einer Verwerfung schliesst sich ohne Vermittelung eines Zwischengliedes hier sofort heller, kalkiger Hauptdolomit an, welcher nach dem Hangenden zu in weisse Plattenkalke übergehend nicht bloss das felsige Steilgehänge des Gardasee's bis zum Ponale-Fall und weit darüber hinaus zusammensetzt, sondern

selbst bis über den Ledrosee hinaus anhält. Deutliches Liasgestein habe ich auf dieser Strecke anstehend nicht beobachten können. Die Schichten des Hauptdolomits erscheinen in einer grossen Mulde mit mehrfachen Nebenfalten und Wellen zusammengebogen, welche erst auf den Höhen des Mt. Nota und Giumela von jüngeren Gesteinslagen überdeckt werden. In der Nähe von Biasezza fand ich eine Bank voll von *Avicula exilis*, einer Leitmuschel des Hauptdolomits. Erst am Südufer des Ledrosee's in der weiten Ausbuchtung des Assat di Peor begegnet man nach langer Unterbrechung von Osten her zuerst wieder den Fragmenten von merkwürdiger Weise den gleichalterigen Schichten in den Nord- und Westalpen petrographisch ganz gleichen, versteinerungsreichen r h ä t i s c h e n Mergelplatten, welche von dem Mt. Tremazzo abstammen. Auf der Nordseite der Querbucht zwischen Pieve di Ledro, Beseca und Tiorno schliessen sich diesen Ablagerungen Streifen von Liasschichten an, welche von Norden her in einer schmalen Falte bis zum Ledrothal herabziehen und in S.-W. Richtung rasch sich ausheben. Mit dem Eintritt in das einsame Val Ampola umgeben uns wieder mächtige, hohe Berge von sehr dunkelfarbigem Hauptdolomit. Das Gestein zeichnet sich hier durch den erstaunlichen Reichthum an *Gyroporella vesiculifera* aus, mit welchen manche Bänke geradezu erfüllt sind. Sie fehlen in fast keiner der zahlreichen Gesteinsbänke an dem Strassenrand und begleiten uns bis in die Nähe des Steilabfalls nach Storo oberhalb des Wasserfalls, wo sie in derselben Bank mit *Dicerocardium*, *Jani*, *Megolodon triqueter*, *Turbo solitarius* und *Avicula exilis* sich vorfinden. Dieses Zusammenvorkommen der charakteristischsten Arten des Hauptdolomits ist ganz besonders lehrreich und wichtig. Die dolomitischen Schichten reichen noch eine ansehnliche Strecke abwärts gegen Storo und es erscheint besonders auffällig, dass hier trotz der raschen Annäherung an die

untere Grenze der Trias hin keine älteren Abtheilungen der tieferen Kalkschichten sich bemerkbar machen. Es stellen sich zwar gegen Storo hin intensiv schwarze schiefrige Kalke ein, welche durch die ziemlich häufig vorkommenden Fischschuppen an die Asphaltschiefer von Seefeld erinnern, aber sie sind so innig mit dem Dolomit verbunden, dass wir sie ebenso wenig wie die nordalpinen Asphaltschiefer vom Hauptdolomit strenge abscheiden können.

Von Ponte Caffaro, der Zollgrenzstation in der Nähe des Idreosee's, steigt, man über ein sehr steiles Gehänge, dessen Untergrund wiederum aus Hauptdolomit besteht und von Glacialschutt stellenweis überdeckt ist, zur bequemen Strasse nach Bagolino empor. Der Hauptdolomit begleitet uns längs dieser Strasse ununterbrochen bis zur Brücke Reinieri. Majestätisch erhebt sich gerade westwärts der hohe Dosso Alto aus sehr steil gestellen Bänken weissen Wettersteinkakls aufgebaut, dessen hangende Lagen durch eine Reihe weicher mergeliger Gesteine der Dossena-Schichten in einer tiefen Sattelbucht gegen Mt. Berga von dem südlich vorlagernden Hauptdolomit getrennt sind. An dem nördlichen Rande der tiefen wilden Caffaro-Schlucht sieht man aus der Ferne rothe Gesteinslagen und höher darüber Porphyrfelsen, welche an der grossen O.-W. über den Manivasattel zum Val Trompia, westwärts fortstreichenden Spalte neben den jüngeren Gebirgsgliedern sich herausheben und mit älteren Bildungen zu einer fortlaufenden Zone zusammenschliessen. Als erster Ausflugspunkt in dieser Gegend wurde der auf einer mächtigen Schuttterrasse liegende Ort Bagolino gewählt.

2. Valle di Freg.

Der Weg von Bagolino in das Valle di Freg führt zunächst über ausgedehnten Gehängeschutt, der vorherrschend aus Glimmerschiefer-ähnlichem Phyllit in mannigfaltigen

Abänderungen besteht. Noch ehe man die Kapelle S. Carlo erreicht, heben sich Felsen eines aus weissen, Glimmerähnlichen Schüppchen, grünen chloritischen Blättchen und aus Quarz bestehenden, von kleinen Granaten vollgespickten Phyllits mit N.-W. einfallenden Schichten aus dem Untergrunde heraus. Auf diese folgt dann thalaufwärts sofort eine Region grünlich grauer sandig-tuffiger Schiefer und deutliche Sandsteinbänke von schwärzlich-grauer Färbung und z. Th. conglomeratartiger Ausbildung. Auch diese Schichten fallen nach N.-W. also ziemlich gleichförmig mit dem Phyllit ein. Eine bankartig zwischengelagerte Porphyrmasse besteht aus vorherrschend röthlichem Gestein, wie wir es bei Botzen, am Westgehänge bei Tione in Judicarien und aus Val Rendena kennen. Nebenbei zeigen sich auch grüne, graue und auffallend lichte Färbungen des Porphyrs, dessen schwaches Lager man bald überschritten hat. Wir gelangten nun thalaufwärts in jenes ausserordentlich mächtige Schichtensystem, das bereits unter dem Porphyrlager begonnen und aufwärts in ziemlich gleichbleibenden Ausbildung bis zur Einmündung des Val Bruffione bei der A. Grisa fortsetzt. Es sind trotz der beträchtlicher Mächtigkeit einförmig ausgebildete, dünnschichtige, grünlich graue und schmutzig graue Sandsteinschiefer, grünliche dichte Grauwackeähnliche Gesteine, denen sich spärlich grau gefärbte Conglomeratbänke beigesellen. Nicht selten nehmen die Sandsteine eine so feinkörnige, an das Aphanitische streifende Beschaffenheit an, dass es leicht verzeihlich ist, solche Gesteine bei dem ersten Anblick für Grünstein, Diorite oder dergleichen zu halten, wie Curioni's Karte anzudeuten scheint. In Dünnschliffen lässt sich leicht die klastische Natur der Gemengtheile erkennen. Abgerundete Quarzkörnchen zeigen sich mit Glimmerschüppchen und feldspathigen Theilchen durch ein thonig-kieseliges, trübes und

durch ein lebhaft grünes, helles, in Säuren nicht leicht veränderliches Binde- und Zwischenmittel verkittet, wie dies bei tuffigen Sandsteinen vorzukommen pflegt.

Die seltenen Bänke von Conglomeraten enthalten wenn auch noch nicht häufig Bruchstücke von Porphyr, zum Beweise, dass schon vor deren Ablagerung bereits Porphyreruptionen stattgefunden haben, wie auch die bankweise Zwischenlagerung, von Porphyrmassen in den tieferen Schichten bestätigt. Ganz besonders bemerkenswerth sind die grünlich grauen, meist dünnspaltigen Sandsteinschiefer, deren Schichtflächen oft wie bei dem älteren Thonschiefer, fast glimmerig oder fettig glänzend und mit Parallelfältchen überzogen, zugleich oft auch mit wurmähnlich gekrümmten und verschlungenen Wülsten, Rippen, nussartigen Höckern und Fussspuren-ähnlichen Eindrücken oder Erhabenheiten bedeckt sind. In diesen Platten bemerkt man häufig auch jene, der Art nach schwer zu bestimmenden, aber durch ihre kohlige Beschaffenheit und stengelige Form sicher als Pflanzenreste erkennbaren Abdrücke, wie solche von Collio bekannt sind.

Die wohl geschichteten und dünnplattigen Varietäten dieser Sandsteinschiefer werden in dieser Gegend häufig als Material zur Bedachung der Häuser verwendet.

Auch im Valle di Freg gelang es mir in der Nähe der Ponte d'Azza, ehe man Lavalle Fucine, erreicht einzelne Lagen dieses Sandsteinsschiefers aufzufinden, welche *Walchien*-Abdrücke und *Schizopteris*-Ueberreste enthalten. Wie spätere Vergleiche zeigten, ist diese ganze Gesteinsreihe vollkommen identisch mit jener des Mt. Colombino bei Collio, in welchen durch Suess Aequivalente des Rothliegenden nachgewiesen wurden.

Darf man nach der Gesteinsbeschaffenheit weitere Schlüsse ziehen, so möchte auch das Gestein der Naifschlucht bei Meran und die vielfach im Porphyr bei Botzen ein-

geklemmten, Pflanzenreste-führenden, grünlich grauen, oft dichten Sandsteinfragmente, wie ich schon früher ausgesprochen habe, derselben Bildung anzureihen sein. Merkwürdiger Weise hat auch das von Prof. Pichler entdeckte Gestein von Steinach am Brenner, das man jedoch für ächt carbonisch hält, der petrographischen Beschaffenheit nach die allergrösste Aehnlichkeit mit unseren Bergamasker Schichten. In der Reihe der sog. Grödener Sandsteine dagegen kenne ich Nichts, was lithologisch auch nur entfernt an derartige Bildungen erinnert.

Die im Allgemeinen von S. nach N. ziehende Thalrichtung, welche fast rechtwinkelig zu dem ziemlich constant von S.-W. nach N.-O. gerichteten Streichen bei widersinnigem N.-W. Einfallen der Schichten verläuft, gestattet, indem man immer weiter aufwärts in dem Hauptthale emporsteigt, den ganzen Schichtencomplex quer zu durchschreiten und bei den zahlreichen sich hier darbietenden Entblössungen fast Schicht für Schicht näher zu untersuchen.

Bis zu der oben schon erwähnten Ponte d'Assa fallen die Schichten nahezu constant nach N.-W. ein. Oberhalb dieser Brücke führt der Thalweg über grossartig durch Gletscherschliffe polirte Felsen. Hier zeigen die Schichten auf eine kurze Strecke geändertes westliches Einfallen, richten sich aber bald wieder in die normale N.-W.-Einfallrichtung ein, welche nur stellenweis durch kleinere Falten und Wellenbiegungen geändert, sonst in grosser Beständigung thalaufwärts anhält. Von der Thalgabel an, wo bei Lavalle Fucine das Seitenthal Sanguinera von N.-W. hereinmündet, zeigt sich in den sonst gleich bleibenden Schichten häufiger ein röthlicher Farbenton. Auch stellen sich nach und nach etwas häufiger zwischengelagerte Conglomeratbänke ein. Hier ist es auch, wo etwa in der Mitte zwischen den Mündungen vom Val Scaglie und Val

Bruffione ein zweites jüngeres Porphyrlager zwischen dem Schichtgestein eingeklemmt sich bemerkbar macht. Vielleicht hängt dieses Porphyr mit dem Stock des Mt. Dolo zusammen.

Noch stehen an der Einmündung des Val Bruffione, das von N.-O. herabzieht, in einem Steinbruche die charakteristischen grünlich grauen Sandsteinschiefer, wie wir solche auch aus dem unteren Theile des Thals bereits beschrieben haben, mit den bemerkenswerthen Wülsten auf den Schichtflächen deutlich an. Sobald wir aber den Thalriss auf eine kurze Strecke verlassen, um über eine ziemlich steile Terrasse höher emporzusteigen, stossen wir zum ersten Mal auf intensiv rothe conglomeratartige Sandsteinbänke, ächte breccienähnliche Conglomerate (v. Verrucano) in Wechsellagerung mit jenen flasrig dünnschichtigen, intensiv rothen Schieferthonschichten, die z. Th. wohl schon zu den sog. Servino der italienischen Geologen gerechnet werden dürften. Auch einzelne helle und selbst weisse Sandsteinlagen mit grünlichen Thongallen fehlen hier nicht. Ich stehe nicht an, diese ganz gleichförmig über den tieferen Schichten lagernde Gesteinsreihe, welche zwar durch keine auffallende Grenzscheide von letzteren abgetrennt zu sein scheint, gleichwohl mit den Bildungen für identisch zu halten, welche wir in Südtirol als Grödener Schichten zu bezeichnen pflegen.

Dieser hangende Schichtencomplex ist ziemlich mächtig und reicht bis nahe zur unteren Compros-Alpe. Hier kann man an den westlich ansteigenden Gehängen deutlich die Auflagerung der grauen mergelig-schiefrigen Gesteine mit *Posidonomya Clarai* — also typische Seisser Schichten — unmittelbar auf diesen sandigen Bänken beobachten. Meine mit möglichster Sorgfalt in diesen Grenzschichten angestellten Untersuchungen haben ergeben, das hier weder ein schwarzer Kalk als Repräsentant des Bellerophonkalks

sich vorfindet, noch auch, dass eine gelbe dolomitische Zwischenlage als dessen Stellvertreter zu deuten wäre. Man kann in den tiefen Gräben, von welchen die Weidfläche der Alp durchzogen ist, die sehr charakteristischeen Schichten der Seisser und Campiler Schichten ganz so, wie sie in Südtirol etwa bei Botzen entwickelt sind, gut beobachten. Selbst die harte, oolithische, mit *Holopellen* erfüllte Bank fehlt nicht. Doch herrscht in diesen Bildungen hier die graue Farbe etwas vor.

Unmittelbar darüber lagert sich oft in zackigen Riffen ausgewittert, sonst wohl auch von tiefen wilden Gräben durchfurcht eine gelblich oder schmutzig weissliche grosslückige, poröse Rauhwacke mit mergeligen, weichen Zwischenlagen und Gypsspuren an. Sie begleitet uns, wenn wir westwärts von Compras-Alpe über einen Seitensattel zur Alpe Cadino di mezzo hinübersteigen, und breitet sich dann noch weiter westlich oberhalb Cadino di sotto und gegen Croce Domini ungemein mächtig aus. Ein schmaler, Streifen, welcher wegen aufgehäuften Steinschutts das im Untergrund anstehende Gestein nicht beobachten lässt, trennt diese Rauhwacke von der nächst höheren auflagernden Schichtenreihe einer durch die tiefschwarze Färbung besonders in die Augen fallenden Kalksteinbildung. Der daraus entstandene Boden ist oft kohlschwarz und sticht schon aus weiter Ferne in die Augen.

Diese schwarzen, meist dünngeschichteten, oft sogar etwas schiefrigen Kalke, die auch dolomitische Lagen in sich schliessen, sind dadurch ausgezeichnet, dass sich auf dem intensiv schwarzen Grunde der Hauptmasse des Gesteins zahlreiche kleinere und grössere Putzen, Körnchen und und Flecken von fast rein weissem Kalkspath grell abheben. Zuweilen glaubt man in diesen Putzen die Umrisse von organischen Einschlüssen zu erkennen. Doch sind solche in Dünnschliffen nur selten deutlich zu unterscheiden. Auch

Hornstein-Knöllchen und -Ausscheidungen fehlen nicht und zahlreiche Adern von schwarzem Anthraconit und weissem Kalkspath durchschwärmen häufig das Gestein.

Diese so bestimmt charakterisirten intensiv schwarzen weiss gesprengelten plattigen Kalke gewinnen, wie wir sehen werden, eine grossartige Verbreitung nicht bloss in den Bergamasker Alpen, sondern auch auf dem Nordabhang im Bündener Hochgebirge und dann wieder im Ortlerstock. Der Kürze wegen wollen wir sie desshalb schwarze Ortlerkalke[3]) nennen, denen ein weites, ziemlich scharf abgegrenztes Entwicklungsgebiet unserer Alpen zufällt.

Die geologische Stellung dieser Kalkstufe werden wir ausführlicher zu erörtern später Gelegenheit finden. Nur soviel muss gleich hier bemerkt werden, dass die Zwischenlage zwischen Rauhwacke und dem weissen Kalk der Schlern- oder Wettersteinstufe dieselbe der Muschelkalkregion zuweist. Der höhere schmale Gebirgsrücken, welcher sich zwischen V. Caffaro und dem obersten Val Cadino gegen Mt. Castion emporzieht, besteht aus weisslichen Kalk und Dolomit, wie am Dosso Alto. Man vermisst diese Angabe auf den Karten. Ein Band des oben bezeichneten schwarzen Kalks zieht sich oberhalb der Compras-Alpe am Gehänge hin und senkt sich einer Seits in die Thalung gegen Gaver und erstreckt sich anderer Seits westwärts über den Sattel zum Vallo Cadino, wo es die grosse, von den drei Cadino-Alpen eingenommene, kesselförmige Thalweitung umsäumt. Oberhalb der Alpe Cadino di sopra ist das Gestein reichlich entblösst und leicht der Beobachtung zugänglich. Ich fand es leider auch hier versteinerungsleer.

---

3) Die in meiner V. Mittheilung (Sitz.-Ber. 1879 Anm. 24) ausgesprochene Ansicht, dass ein Theil der schwarzen Kalke des Ortlerstocks vielleicht dem Bellerophonkalke gleichzustellen sei, ist demnach nicht stichhaltig und muss zurückgenommen werden.

Wo man auf dem Wege von Val Caffaro in Val Cadino zwischen Compras- und den Cadino-Alpen den Pass überschreitet, tritt auf letzterem neben Rauhwacke ein stark zersetztes Diorit-ähnliches Gestein mit tuffigen Lagen zu Tag. Der Lagergang scheint westwärts gegen Croce Domini fortzustreichen. Es ist ein Gestein, dem wir noch öfters in den Bergamasker Alpen und zwar in weniger zersetztem Zustande begegnen werden, wesshalb wir eine nähere Beschreibung für später uns vorbehalten. Es ist offenbar dasselbe Gestein, welches Lepsius [4]) unter der Bezeichnung Mikrodiorit aus dem benachbarten Val Bondol vom Mt. Laveneg und aus Val Trompia oberhalb Collio beschreibt. Ich glaube das auch in den Nordalpen in gleich altrigen Schichten auftauchende, massige Gestein — den Spilit der Schweizer Alpen z. Th. — das ich aus der Gegend von Berchtesgaden als Sillit [5]) beschrieben habe, — hierher rechnen zu dürfen.

In der Thalung der Alpen Cadino und abwärts längs des Sanguinera-Baches durchqueren wir den ganzen bisher beschriebenen Schichtencomplex noch einmal in umgekehrter Ordnung, wie im Caffaro-Thal. Zuerst tauchen bei der Alphütte Gira bassa unter der Rauhwacke die Mergelschiefer der Campiler und Seisser Schichten auf und darunter treten nun der Reihe nach die in gleichmässiger Lagerung unter einander folgenden Schichten, zuerst das rothe Sandsteingebilde mit Zwischenlagen weissen Sandsteins, die röthlichen groben Conglomerate und mit ihnen der zweite obere Lagerzug des Porphyrs zu Tage. Derselbe scheint mithin über die Kuppe des Mt. Misa fortzusetzen. Bei Ponte di Rimial erreichen wir wieder das Hauptthal mit den schon beschriebenen älteren Schichten.

---

4) A. A. O. S. 179 u. ffd.

5) Geogn. Beschr. d. bayer. Alpengebirgs S. 187.

Keines der zahlreichen Profile am Südrande des Tonalit-Stockes ist vollständiger, als das eben geschilderte oder bietet wesentlich andere und bessere Aufschlüsse; wesshalb ich mich hier auf die Beschreibung dieses letzteren beschränken will.

Ueber die in neuester Zeit so lebhaft besprochenen metamorphischen Gebilde am Rande des Tonalits habe ich keine Gelegenheit gefunden, eingehende Studien zu machen.

Ueberblicken wir die Ergebnisse der Beobachtungen aus der Umgebung von Bagolino, so lassen sie sich etwa in Folgendem zusammenfassen.

1) An die nahezu O.-W. verlaufende Dislocationsspalte, welche von Ponte del Caffaro gegen Bagolino und zum Passo della Maniva streicht, lehnt sich südwärts das abgesunkene Triasgebirge, während nach Norden das ältere Schichtensystem aus glimmerigem Phyllitschiefer sich hoch emporhebt und einen eng zusammengefalteten Sattel bildet.

2) Auf diese ältesten Phyllitschiefer legt sich weiter nordwärts in nahezu gleichförmiger Lagerung ein sehr mächtiger Complex von graugrünem Sandstein, Conglomerat und Schiefer mit einem Porphyrlager an.

3) In dem plattigen Sandschiefer dieser Schichtenreihe finden sich Pflanzenreste, wie bei Collio, die als jene des Rothliegenden erkannt wurden und nicht identisch sind mit jenen von Neumarkt-Recoaro.

4) Die obere Abtheilung dieses Complexes nimmt eine etwas röthliche Farbe an, enthält zahlreiche Bänke von Conglomerat, ohne jedoch die Beschaffenheit der sog. Grödener Schichten anzunehmen. Hier ist ein zweites Porphyrlager ausgebreitet.

5) Erst auf dieser Reihe folgen Gesteinbildungen von vorherrschend intensiv rothem Schiefer, Sandstein und

Conglomerat, mit Zwischenlagen weissen Sandsteins, welche den sog. Grödener Schichten vollständig gleichen. Unmittelbar auf diesen liegen die grünlichgrauen Mergelschichten mit *Posidonomya Clarai* (Seisser-Schichten).

7) Weder die Pflanzenreste der Neumarkter - Recoaro Schichten, noch Lager schwarzen Bellerophonkalkes oder des stellvertretenden Dolomits sind hier entwickelt.

8) Das Collio-Pflanzenlager ist entschieden ein älteres, als jenes bei Neumarkt und Recoaro des Grödener-Sandsteins.

9) Rauhwacken, schwarze plattige Kalke, weiche mergelige Lagen und weisse Kalke oder Dolomite betheiligen sich in diesem Gebirge am Weiterbau der Triasbildungen in ausgiebiger Weise, wie in Südtirol.

3. Manivasattel und die Eisenindustrie.

Die im Eingang in Valle di Freg beobachteten Glimmerschiefer-artigen Phyllite setzen von Bagolino westwärts längs des zu den Höhen des Maniva-Passüberganges ansteigenden Wegs ununterbrochen fort, obwohl sie oberflächlich auf grosse Strecken von Schutt überdeckt und dem Auge entzogen sind. Am Rande des Val Recigand fallen die Schichten ziemlich steil südlich ein und diese südliche Schichtenneigung hält ziemlich constant bis zur Passhöhe an. Auf der schmalen Kante des Passes selbst biegen sich die Phyllitschichten zu einem Sattel um, indem die Schiefer S. vom Passe südlich, W. vom Passe nördlich einschiessen. Der südliche Flügel ist aber hier sehr schmal, weil die schon erwähnte grosse O.-W. Dislokationslinie ganz in der Nähe durchzieht und die Schieferschichten plötzlich abschneidet. Jenseits oder S. von der Spalte legen sich sofort röthliche, oolithische Kalkbänke voll von kleinen *Holopellen* und graue Mergelschichten an, welche unzweideutig die Seisser-Schichten verrathen. Aber auch sie sind auf eine geringe Mächtigkeit beschränkt,

indem sofort in S.-Richtung am Kamme gegen den Dosso Alto erst Rauhwacke mit gypsigen Mergellagen und dann mit der Steilwand plattige schwarze Kalke, genau wie an der Comprasalpe von Valle di Freg darüber sich anlegen. Ich verfolgte das Profil aufwärts zum Dosso Alto nicht weiter; dasselbe ist durch Lepsius sehr genau beschrieben worden (a. a. O. S. 58, 64 und 311). Nach dessen Darstellung umschliessen hier die obern Lagen des schwarzen Kalkes die charakteristischen Versteinerungen des Brachiopoden-reichen oberen Muschelkalkes und bilden selbst wieder die Unterlage von Knollenkalken und kohligen Mergelschiefern, welche durch Einschlüsse von *Halobia parthanensis*, *Ammonites Aon*, *A. euryomphalus* und von *A. trompeanus* in den höheren Hornstein-führenden Lagen als die Aequivalente der Buchensteiner Kalke und Wengener Schichten bezeichnet werden. Erst über diesem schiefrigen dunklen Gestein erhebt sich in steilen Wänden der mächtige hellfarbige Kalk — Esinokalk — bis zur Spitze des Dosso Alto.

Ehe die Passhöhe Maniva ganz erreicht worden war, begegneten wir einem Eisenerztransport der primitivsten Art, einem schwachen Ueberrest einer in diesen Alpenbergen einst in hoher Blüthe stehenden Eisenindustrie, deren ich hier mit ein Paar Worten gedenken möchte.

Schon beim Aufsteigen aus dem Thale von Bagolino, wo ein Eisenhohofen steht, fällt eine höchst eigenthümliche Glättung des Wegs auf, welche streckenweis wie polirt und von Gletscherstreifen überzogen aussieht. Es rührt dies von einer ganz besonderen Art des Erztransportes her, welcher darin besteht, dass von der Passhöhe herab auf dem steil abschüssigen Wege die Erze in Säcken gefüllt an besonders stark geneigten Stellen auf hölzerner Unterlage an der Erde fortgeschleift werden. Mit oft rasender Geschwindigkeit schiessen die jungen, nicht überflüssig reichlich bekleideten Burschen den Erzsack hinter sich nachziehend und vorn mit den

nackten Füssen gleichsam rudernd, die Richtung bestimmend und die Geschwindigkeit regulirend in halb liegender Stellung über die steilen Stellen hinab. Das Erz wird aus dem jenseitigen Val Trompia in eben so ursprünglicher Weise zum Sattel emporgeschafft. Man begegnet hier ganzen Reihen von Weibern und Kindern, welche die schwere Last in hölzernen Trögen oder kleinen Säcken zu einer Erzhütte am Passe mühselig hinaufschleppen.

Leider lässt sich aus eigener Anschauung nur mehr Weniges über diesen früher ebenso ausgedehnten, wie ganz eigenthümlichen Eisenhüttenprocess in den Bergamasker Bergen berichtet. Er gehört bereits fast ganz der Geschichte an, die so viel von dem berühmten Bergamasker Eisen und dem Brescianstahl zu erzählen weiss. Jetzt muss man bis in die hintersten und entlegensten Winkel vordringen, um noch die letzten Spuren der alten Kunst zu entdecken. Die schrankenlose Entwaldung der früher so forstenreichen Berge, die unaufhaltsame Concurrenz des wohlfeileren Eisens, welche aus dem Ausland eingeführt wurde, die Kostspieligkeit des Transportes sowohl des Rohmaterials, wie der Fabrikate in den Bergen und aus denselben heraus wirkten zusammen, das Kleingewerbe, das in zahreichen Eisenhütten und Hammerwerken ausgeübt, selbst in die entlegenen Thäler Leben, Verdienst und damit eine gewisse allgemeine Wohlhabenheit gebracht hatte, fast gänzlich zu zerstören. Nur einige wenige Hohöfen und Puddlingsöfen suchen durch concentrirten und verbesserten Betrieb gegen die Concurrenz das Feld siegreich zu behaupten; doch können auch sie meist nur zeitweise in Gang gehalten werden. Bei dem Mangel des Landes an fossilem Brennstoffe und der kostspieligen Beschaffung desselben von auswärts scheint es trotz der Vorzüglichkeit der Erze kaum für die Dauer möglich, die Eisenindustrie in den Bergamasker Bergen zu erhalten. Eher dürfte es ökonomisch zulässig sein, die besseren Sorten Erze ins Ausland

zu transportiren und dort zu verhütten, vielleicht bei ihrem hohen Gehalt an Mangan selbst Ferromangan zu erzeugen.

Der weitverbreitete Reichthum des Bergamasker Gebirgs an hochhaltigen Eisenerzen von ganz vorzüglicher Beschaffenheit, wie solche die stark manganhaltigen Spatheisensteine darbieten, sowie die leichte Art, aus denselben stahlartiges Stabeisen und selbst Stahl darzustellen, hatten schon in den ältesten Zeiten die Kunst des Eisenschmiedens hier wachgerufen. Selbst zur Römerzeit war das Eisen von Comum, das aus den benachbarten Bergen stammte, fast so gesucht, wie das berühmte ferrum noricum aus Steiermark.

Es ist kaum zu bezweifeln, dass die Gutartigkeit der meisten Eisenerze ursprünglich die einfachste Darstellung eines stahlartigen Schmideisens unmittelbar aus den Erzen in offenem Herde durch eine Art Rennarbeit, später durch Windöfen ermöglichte. Es finden sich nämlich neben Eisenglanz und Brauneisenstein hauptsächlich Spatheisensteine in grosser Menge, deren Mangangehalt meist sehr beträchtlich ist. Curioni[6]) der verdienstvolle Förderer der lombardischen Eisenindustrie, hat zahlreiche Vorkommnisse untersucht und giebt von einem Erz aus der Grube Piazetta einen Gehalt an kohlensaurem Manganoxydul von 11,5% neben dem an kohlensauren Eisenoxydul von 82% an.

Aus diesem anfänglichen Verfahren der Rennarbeit scheint sich später jene Art der Stabeisendarstellung entwickelt zu haben, welche man die italienische Luppenfrischmethode zu nennen pflegt. Sie zeichnete sich dadurch aus, dass die Erze in einem ersten vorbereitenden Processe in dem Herde gebraten d. h. bis zum Zusammenbacken stark geröstet und dann aus dem Feuer herausgenommen wurden, um die so vorbereiteten Erze nunmehr

6) Geologie delle Prov. Lombarde II. p. 124.

auf dem mit Kohle eingefüllten Herde vor dem Gebläse zu schmelzen und aus dem auf diese Weise reducirten Eisen ein Frischstück — Masello — herzustellen. Nachdem bei dieser Arbeit beiläufig 1½ Zt. Erz in 4—5 Stunden wieder geschmolzen war, wurde die Schlacke rein abgezogen, der Wind eingestellt und das Eisenstück aus dem Herd gebrochen, um es nun weiter unter dem Hammer zu einem Kolben und bei den folgenden Erzschmelzen zu Stäben auszustrecken.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei der Leichtflüssigkeit der Erze aus diesen einfachen Herden nach und nach eine Art Schmelz- oder Stückofen dadurch entstand, dass die Wände des Herdes erhöht und das flüssige Eisen anstatt herausgebrochen, nach dem Einschmelzen abgestochen wurde. Schon frühzeitig waren hierbei Wassertrommelgebläse im Gebrauch. Eigentliche Hohöfen dürften nicht vor Anfang des 17. Jahrhunderts Eingang in das Bergamasker Hochgebirge gefunden haben. Nach dem Stande zu Anfang dieses Jahrhunderts erzeugte man in ziemlich zahlreichen Hohöfen sowohl graues, wie weisses Roheisen meist ohne Zuschlag, wesshalb der Gang der Oefen vielfach ein unsicherer war.

Die weitere Verarbeitung dieses Roheisens geschah bis vor Kurzem in Herden entweder zu stahlartigem Schmiedeeisen oder zu wirklichem sog. Brescianstahl.

Die Bergamasker Frischschmiede ging aus der Methode der alten Rennherde hervor, indem man ein zweimaliges Schmelzen vornahm. Zuerst wurde der Herd von der vorigen Arbeit gereinigt, dann stellte man eine Vertiefung von festgeschlagener Kohlenlösche her und brachte das zerkleinerte Roheisen darauf, bedeckte es mit angefeuchteter Kohle, liess das stark stechende Gebläse an und schmolz in beiläufig 5—6 Stunden etwa 1½ Zentner Roheisen ein. Die folgende Arbeit bestand darin, die Rohschlacke abzu-

stechen, auf das abgeräumte noch flüssige Roheisen Hammerschlag, wohl auch Schlacke und Sand zu werfen, diesen Zuschlag unter das Eisen zu rühren bis dieses eine teigartige Beschaffenheit annahm und sich in kleine Stücke zertheilen liess, wodurch man die sog. Cotizzo erhielt. Diese Stücke wurden nun herausgeschaufelt, der Herd wieder gereinigt, mit frischen Kohlen gefüllt, die Eisenstücke darauf gebracht und noch einmal nieder geschmolzen. Man erhielt so ein Frischstück — den Masello — der nach Abräumen des Herdes herausgenommen und unter den Hammer gebracht und zu sog. Taglioni ausgeschmiedet wurde. Das weitere Ausstrecken erfolgte bei dem ersten Einschmelzen unter kleinen Hämmern. Das auf diese Art erzeugte Stabeisen war meist von vorzüglicher Güte, stahlartig — ferro forte — und diente namentlich in Brescia zur Verfertigung der mannichfaltigsten sehr geschätzten Werkzeuge und Instrumente. Zu Anfang dieses Jahrhunderts zählte man noch gegen 120 Schmiedfeuer in Val Trompia und Val Sabbia [7]) und die Stadt Brescia konnte sich wegen ihrer Eisen- und Stahlfabrikation den stolzen Namen „armata" beilegen..

Was die Erzeugung von Stahl anbelangt, so war diese immer eine sehr beschränkte; sie fand systematisch nur in Bagolino statt; und zwar durch zweimaliges Schmelzen von weissstrahligem Roheisen zwischen Kohlenklein, wobei man bei dem ersten Einschmelzen Hammerschlag zusetzte. Ausserdem wurde im Gegensatz zur gewöhnlichen Schmiedeisenerzeugung vermieden, das schmelzende Eisen dem Windstrom des Gebläses direkt auszusetzen, um ein zu starkes Verbrennen des Kohlenstoffs zu verhindern. Der ausgehobene Stahldeul wurde noch glühend im Wasser abgelöscht. Man erhielt auf diese Weise den sog. Acciajo na-

7) Brocchi, Trattato mineroralogico et chimico sulle minieri di ferro del depart: del mella Brescia 1808 II Vol.

turale, unterschied aber im Handel feinen Brescianstahl zu Klingen und Instrumenten und ordinären Brescianstahl zu gewöhnlichen Werkzeugen verwendbar.

Jetzt sind es nur mehr wenige Hohöfen und Puddlingsöfen, welche an die Stelle der alten zahlreichen Herdfeuer getreten sind. Es ist ein betrübender Anblick so vielen Ruinen einer sonst so blühenden Industrie in den nunmehr stillgewordenen Thälern zu begegnen wo uns so zahlreiche Schlackenhalden an ebenso viele Stellen einer zu Grabe getragenen Industrie erinnern.

Kehren wir zu unseren geologischen Betrachtungen im Passo della Maniva zurück, so ist zu bemerken, dass von der Passhöhe abwärts zum Val Trompia bei St. Colombano uns in fast gleicher Richtung streichend vorherrschend dunkler Phyllit begleitet. Stellenweis liegen Schollen glimmerglänzenden hellfarbigen Schiefers oder gneissartige Schichtencomplexe mitten darin, welche man wohl am besten ihrer Stellung wegen unter der Bezeichnung Phyllitgneisse zusammenfasst. Ihrem petrographischen Charakter nach stellen sie bald typische Gneisse dar, sogar ausgezeichnete Augengneissvarietäten mit grossen rundlichen Knollen von Orthoklas, bald tragen sie das Gepräge der sog. Sericitgneisse und der Casannaschiefer Theobald's an sich, wie ich sie von Theobald selbst aus der Gegend des Casannapasses in der Churer Sammlung als solche bezeichnet fand. Diese vielgestaltig ausgebildeten jüngeren Gneisse spielen eine bisher noch nicht gehörig gewürdigte grossartige Rolle in dem ganzen System der Alpen und in fast allen Phyllitgebieten älterer Gebirge. Wir werden später eingehender davon handeln, erwähnt sei hier nur vorläufig, dass sie auch im Gebiete der Bergamasker Alpen einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung der ältesten Schieferregionen nehmen und ungemein häufig vorkommen.

Zum Mellathale allmählig herabsteigend bemerkt man, dass die O.-W. Verwerfungsspalte, welche westwärts noch weiter fortstreicht, in immer ältere Schichten einschneidet, unter welchen namentlich der grellrothe Servino schon von ferne sich bemerkbar macht. Durch einige mit der Hauptspalte nahezu parallele Risse scheint hier in dem obersten Theile des Val Trompia das Gebirge in unregelmässig nebeneinanderliegende Gesteinskeile verschoben. Nahe bei dem Orte St. Colombano fallen die Phyllitschichten noch nach S. ein, während schon an der Kirche der Mühle gegenüber, aber bereits jenseits d. h. südlich der grossen O.-W. Verwerfungsspalte nördlich einfallende graue, gelbverwitternde Mergel der Seisser Stufe anstehen. Wir betreten damit das eigentliche Gebiet von Val Trompia, welches in gleicher Weise durch die interessantesten Vorkommnisse und Lagerungsverhältnisse wissenschaftlich, wie durch den Reichthum an Eisenerzen praktisch grosse Berühmtheit erlangt hat. Leider war es mir selbst nicht in einem Falle vergönnt, eine Erzgrube zu befahren, da dieselben theils dauernd verlassen sind, theils zeitweise ausser Betrieb standen. Meine Beobachtungen beschränken sich daher bloss auf das Ausstreichende der Lagerstätten. [8])

4. Collio, Val Serimando und Mt. Colombino.

Einer der belehrendsten Durchschnitte, ähnlich dem des Valle di Freg bei Bagolino, bietet das bei Collio in's Mella-Thal rechtwinkelig einmündende Val Serimando, welches gegen den Mt. Colombino tief in's Gebirge einschneidet. Es ist bereits dieses Profil von Suess eingehend besprochen worden.

Das erste anstehende Gestein unmittelbar oberhalb des Dorfes ist eine grobbankige Rauhwacke, wie oben in dem

8) Vergl.: Suess a. a. O. S. 11, Curioni a. a. O. p. 121 u. ffd. E. Fuchs Annal. d. mines 1868 VI. Ser. tom. XII 428 u. sqq.

Gebiete des Caffarothals bei den Alper Compras und Cadino. Sie liegt mit südlichem Einfallen unmittelbar auf gleichförmig geneigten schiefrigen Gesteinen der Campiler und Seisser Schichten, welche durch zahlreiche organische Einschlüsse auch hier sicher als solche sich zu erkennen geben. Besonders bemerkbar machen sich gegen das Liegende zu mächtige intensiv rothe Lettenschiefer (Servino) mit linsenförmigen Einlagerungen von Spatheisenstein und Einsprengungen von Eisenglanz, dadurch lebhaft an das gleiche Vorkommen in den gypsführenden bunten Werfener Schiefer bei Berchtesgaden erinnernd. Ein grünliches, stark verwittertes Eruptivgestein, ähnlich dem auch zwischen St. Colombano und Collio beobachteten, setzt hier gangartig durch. Der hohe Grad seiner Zersetzung macht es unthunlich, seine ursprüngliche Zusammensetzung genauer festzustellen, doch scheint auch dieses Gestein dem Typus des Mikrodiorits anzugehören.

Unter dem rothen Servino folgt thalaufwärts sofort rother Sandstein in mächtigen Bänken geschichtet und unter 56° nach S. einfallend. Das Gestein gleicht in auffallender Weise dem sog. Grödener Sandstein, enthält nur spärlich Conglomeratzwischenlagen und zeigt weniger den Charakter der sog. Verrucano's, obwohl einzelne Porphyrgerölle darin eingebacken vorkommen.

Diese Sandsteinschichten biegen sich thalaufwärts in der Nähe einer zweiten Brücke um, nun mehr nach N. einfallend und brechen dann rasch an einer Verwerfungsspalte völlig ab, an welcher dafür glimmeriger Phyllit sich einstellt. Es streicht also hier die grosse O.-W. Verwerfung durch, die wir zuletzt bei St. Colombano erwähnt haben. Doch wird hier im Serimando-Thal die Hauptverwerfung noch von mehreren Nebenspalten begleitet, welche bewirken, dass nach kurzer Strecke der Phyllit wieder verschwindet und noch einmal ein zerrissener und

unregelmässig gelagerter Complex des rothen Sandsteins in der Nähe des Seitenthälchens Marseghino auftaucht. Doch auch dieser hat keinen Bestand und es folgt nun erst der Hauptzug des Phyllits der in bedeutender Mächtigkeit bis hoch an das Gehänge des Mt. Colombino und Mt. Dasdana einer Seits gegen Passo della Maniva anderer Seits gegen Mt. Crestoso über die Hütten Bianchino emporreicht. Dabei beobachtet man ein fast constantes unter durchschnittlich 65° nach N. geneigtes Einfallen. Nur untergeordnet liegen in diesem Phyllit gleichförmig eingebettet granitischer Gneiss und häufiger jene Gneissvarietät, welche in der Schweiz und von Suess als Casannaschiefer bezeichnet wurden. Wir haben solche Zwischenschichten, sog. Phyllitgneiss, schon bei Absteigen vom Maniva-Pass kennen gelernt. Bemerkenswerth sind hier nun noch jene fast dichten Varietäten dieses Gesteins, welche ein Feldstein-ähnliches Aussehen annehmen und nur vereinzelte Körnchen von Orthoklas und Quarz in der Grundmasse namentlich auf dem Querbruche erkennen lassen. Wir werden später darauf zurückkommen.

An einer kesselförmigen Schlucht, in welche die letzten obersten Ausläufer des Serimando Thals sich gabeln, erhebt sich über diesem Phyllitgebiete plötzlich eine fast senkrechte hohe Porphyrmasse und zieht sich lagerförmig an dem Gehänge gegen die Höhe des Mt. Mufetto fort. Der Porphyr ist von röthlicher und grauer Farbe und kommt dem des ersten Zugs im Valle di Freg ziemlich gleich, doch ist er vorherrschend dunkler gefärbt. Es kommen zwei Farbenvarietäten vor, eine braunröthliche und grünlichgraue. Bei näherer Betrachtung erweisen sich beide gewissermaassen als Uebergänge zu Porphyrit, da sie sehr grosse Mengen von Plagioklas und hier und da auch Hornblende enthalten, im Uebrigen aber aus einer anscheinend dichten Grundmasse mit reichlich eingestreuten Quarzkörnchen, Feld-

spath, Glimmerblättchen, nebst rundlichen Magneteisenkörnchen bestehen. Bei der braunrothen Varietät ist die Grundmasse sehr dicht, ohne dass sie bei schwacher Vergrösserung sich in einzelne Bestandtheilchen auflöst; diese treten erst bei stärkerer Vergrösserung und bei Anwendung von polarisirtem Lichte deutlich als feinste, auch in p. L. einfarbige Nädelchen hervor, zwischen denen in reichster Menge feinster Staub eines schwarzen Eisenminerals, eingestreut ist. Bei der grünlichgrauen Varietät ist die Grundmasse viel deutlicher, schon bei schwacher Vergrösserung leicht kenntlich feinkrystallinisch ausgebildet. Die kleinen Feldspathkryställchen der Grundmasse sind im p. L. einfarbig, während zahlreiche grössere Ausscheidungen einem Plagioklas angehören. Die fasrige dunkelolivengrüne Hornblende ist nur in vereinzelten Kryställchen beigemengt.

Die Analyse dieses Porphyrs ergab mir übrigens eine Zusammensetzung, wie sie viele Porphyre besitzen, nämlich:

Kieselsäure	71,50
Titansäure	0,25
Thonerde	10,79
Eisenoxyd	3,52
Eisenoxydul	2,88
Manganoxydul . . .	0,30
Kalkerde	0,15
Bittererde	0,31
Kali	6,87
Natron	2,76
Kohlensäure	0,13
Phosphorsäure . . .	Spuren
Wasser	1,00
	100,46

Es geht daraus das Vorherrschen eines Kalifeldspaths unzweideutig hervor, während der geringe Kalkgehalt und

relativ kleine Natrongehalt die nur untergeordnete Betheiligung eines Plagioklases beweisen.

Ueber diesen Porphyr streichen graue und grünlichgraue Sandstein- und Conglomeratbänke zu Tag, wie solche im Valle di Freg oberhalb des ersten Porphyrlagers beobachtet wurden. Beiläufig 50 m. über dem Porphyr ist in diesem System der Sandsteine jenes berühmte Lager schwärzlicher, plattiger, ziemlich dünnbankiger Sandsteinschiefer gleichförmig eingebettet, welche die viel besprochenen Dyaspflanzen enthalten. Das Lager zieht sich hier am Südgehänge des Mt. Dasdana gegen Mt. Maniva empor. Die Schichten sind beiläufig 30 m. mächtig und fallen in St. 11 mit 35^0 nach N.-W. ein; man gewinnt aus ihnen ein Material zum Dachdecken und z. Th. auch zur Herstellung von Wetzsteinen.

Ich verdanke der besondern Gefälligkeit des um das Auffinden und die Ausbeutung dieses berühmten Pflanzenlagers so wohlverdienten Directors Bruni in Collio[9]) ein Sammlung dieser Pflanzenreste, welche merkwürdiger Weise in Bezug auf die Art der Erhaltung und auf die Beschaffenheit des Gesteins dem durch Pichler entdeckten Vorkommen von Steinach gleichen. Die Pflanzenreste sind im Ganzen ziemlich schlecht erhalten. Bestimmt wurden von Geinitz früher folgende Arten:

Walchia piniformis	*Sphenopteris oxydata* Göpp.
„ *filiciformis*	„ n. sp. aff. *Guetzoldi*
Schizopteris fasciculata Gutb.	„ Gutb. = *(Suessi)*
Noeggerathia expansa Brongn.	„ *tridactylites* Brongn.
	Unbestimmbares.

9) Leider war dieser vortreffliche und wohlwollende Naturforscher bei meinem Besuche in Collio abwesend, doch habe ich durch seine Freundlichkeit wichtiges Material erhalten, wofür ich bei dieser Gelegenheit gerne meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Ausser diesen nicht sehr zahlreichen Pflanzenresten finden sich neben den von Curioni erwähnten *Estheria minuta*-ähnlichen Thierformen ziemlich häufig Fussspuren von *Chirotherium*-artiger Form zwar deutlich genug, um sie mit aller Bestimmtheit als zu einer Gruppe von Thieren gehörig zu erkennen, aber doch nicht zureichend scharf, um mehr als die äusserliche Form-Aehnlichkeit mit *Saurichnites* Gein. des deutschen Rothliegenden zu constatiren.

Welchen Thierarten aber sie auch zugetheilt werden mögen, soviel ist klar, dass die Schiefer, in welchen sie vorkommen durch dieselben als eine Strand- oder Uferbildung charakterisirt werden in Uebereinstimmung mit den Pflanzeneinschlüssen, die vom damals nahen Festlande abstammend in das anstossende seichte Meer eingeschwemmt worden sind. Noch bestimmter beweisen die auf den Schichtflächen hervortretenden, oft netzförmigen Rippen, welche die Ausfüllungen von Austrocknungsrissen darstellen, dass diese Gebilde am Strande zeitweise bloss gelegt waren, so dass sie austrocknen konnten. Ausserdem kommen noch eigenthümliche Butzen- oder Knollen-förmige festere Erhabenheiten auf den Schichtflächen vor, welche man, wohl nicht mit Recht, als Früchte (frutti) deutet, es scheinen vielmehr bloss Mineralconcretionen oder Wülste zu sein.

Ueber diesen Pflanzenschiefern lagern oft tuffige feine, grünlichgraue, zu Wetzstein brauchbar Sandsteine, und Breccien von schmutzig röthlichgrauer und grünlichgrauer Farbe, bis sich etwa 150 m über dem Porphyrlager rothe Conglomerate und Sandsteine einstellen, die ununterbrochen bis zum Gipfel des Mt. Colombino fortsetzen. Ob diese zu oberst nur schwach nach N. einfallende Gesteinsreihe noch der unteren Region zuzurechnen oder aber bereits dem sog. Grödener Sandstein gleichgestellt werden müsse, ist wegen des Mangels einer direkten Ueberlagerung von *Posidonomya Clarai*-Mergel schwer zu entscheiden. Es

sollen solche Mergelbildungen zwar in den nördlich vorliegenden Bergen zu finden sein z. B. am Mt. Bordell, aber ich habe sie nicht selbst beobachtet.

Abgesehen von geringerer Mächtigkeit der Schichten des sog. Rothliegenden finden wir demnach in diesem Profile bei Collio eine völlige Uebereinstimmung der tieferen Lagen mit jenen des Valle di Freg bei Bagolino. Beide Bildungen sind geologisch bestimmt als identisch zu betrachten und das Pflanzenlager von Collio gehört unzweifelhaft einem viel älteren Horizonte an, als das Neumarkt-Recoaro-Lager. Dagegen ist sehr bemerkenswerth, dass hier am Südrande der Schieferzone der Complex der rothen, den Grödener Schichten gleicher Sandstein und Conglomerate ohne Begleitung der älteren grauen Schichten des sog. Rothliegenden auftritt. Dies spricht mit Bestimmtheit für die Unabhängigkeit beider Bildungen, die grösser ist, als es bei zwei verschiedenen Gliedern einer Formation vorzukommen pflegt. Gehören beide Bildungen aber zwei grösseren Bildungszeiten an, so kann der rothe Sandstein wegen seines innigsten und constanten Verbandes mit dem *Posidonomya Clarai*-Mergel nur dem Trias zugezählt werden, nicht aber für ein Aequivalent der oberen Dyas oder des Zechsteins gelten.

5. Val Trompia und Pezzazo.

Das Thal der Mella schneidet unterhalb Collio wieder in den typischen rothen Sandstein und die Conglomeratbänke ein, wie wir sie als unmittelbare Basis der *Posidonomya Clarai*-Mergel bereits kennen. Zwischenlagen von schwarzem Kalk oder von gelbem Dolomit (Bellerophon-Schichten) lassen sich auch hier durchaus nicht beobachten.

Gleich unterhalb Collio setzt in diesen rothen sandig-conglomeratigen nach S.-W. einschiessenden Bänken ein

schmaler, aber sehr deutlich ausgeprägter Gang von Spatheisenstein durch. Daneben steht auch ebenso sicher fest, dass weitaus die grösste Anzahl der Bergamasker Spatheisensteinerze flötzweise im Servino eingebettet sind und dass ein gangweises Auftreten nur zu den sekundären Erscheinungen zu zählen ist.

Verbindet man beide Thatsachen mit einander, so scheint daraus hervorzugehen, dass zwar der eigentliche Herd der Bergamasker Eisenerze der Servino ist, in welchem zahlreiche Flötze oder linsenförmig ausgebildete Lagen eingeschlossen vorkommen, dass aber ausserdem noch von dieser flötzweisen Ausbreitung aus eine nachträgliche Bildung von Erzen auf Gangspalten des benachbarten, hauptsächlich untergelagerten Gesteines stattfand. Auf diese Art scheint sich vielfach das flötzweise mit dem gangweisen Vorkommen vereinigt einzustellen; doch dürften weitvorherrschend auf den ersteren die in früheren Zeiten ungemein zahlreichen Eisenerzbergwerke ihre Baue betrieben haben.

Der Thalweg bietet etwas weiter abwärts auf der neu angelegten Strassenstrecke nächst Bovegno ein Profil im rothen Sandstein, wie es besser ausgeschlossen nicht wohl in diesem Gebirge wieder zu finden sein möchte. Da wo die neue von der alten Strasse abgeht, stehen grosse Bänke des rothen Sandsteins mit nur spärlichen Quarzgeröllen steil nach S. einfallend an. Intensiv rothe Lettenschiefer bilden darin Zwischenlagen. Nun folgt auflagernd:

1) 1,3 m mächtig weisser Sandstein,

2) 1,0 „ „ dünngeschichteter, wellig gebogener, grünlicher Sandsteinschiefer,

3) 1,75 „ „ braunes, mullig zersetztes, dolomitisches, Gestein mit Eisenerz (ein Eisenerzflötz).

4) 1,55 „ „ dichter, harter, spathiger, braunverwitternder Sandstein,

5) 30,0 m	mächtig	grauer, gelbverwitternder Mergelschiefer mit *Posidonomya Clarai* der Seisser Schichten mit festeren Zwischenbänken und einzelnen Sandsteineinlagerungen,
6) 24 m	„	bis zur Brücke meist intensiv rothe Schiefer wechsellagernd mit festen dolom. Bänken und der sehr charakteristischen Conglomeratbank und dem rothen Oolith voll von *Holopellen*,
7) 60,0 m	„	S. von der Brücke Fortsetzung dieser Schichtenreihe, in sandigen Bänken *Myophoria* vom Typus der *fallax* u. A.
8) 5,0 m	„	intensiv rothe Mergelschiefer,
9) 45 m	„	verrutschtes und bedecktes Terrain,
10) 50 m	„	Rauhwacke, grossluckig, porös, stellenweis mergelig und gypsig, im Hangenden mit einer Lage intensiv rothen Mergels,
11) 30 m	„	schwarzer, dünngeschichteter Kalk, unter dolomitisch, gelb verwitternd, nach oben fasrig mit thonig glimmerigglänzenden Flächen, ohne deutliche Versteinerungen,
12) 10 m	„	nahe bei Zigole ein mächtiger Stock eines grünen, in Folge der Zersetzung braunen Eruptivgesteins (nach Lepsius Microdiabas S. 174 u. 314). Die Grenze gegen den schwarzen Kalk ist nicht direkt entblösst, doch ist die Lagerung des letzteren nicht merklich gestört,
13) 8 m	„	es folgen nun knollige, schwarze Kalke mit zahlreichen *Brachiopoden (Terebratula vulgaris, Spirigerina Mentzelei)*, Reste von *Ammoniten*, *Encriniten* Stielen und zahlreichen *Pentacriniten*. Es ist

dies die bekannte Brachiopodenbank des alpinen Muschelkalks.

14) 2—3 m mächtige schwarze verwitternde stark knollige Kalke mit Hornsteinputzen ganz nach Art der Buchensteiner Kalke,

15) 50 m „ wohl- und dunngeschichtete, schwärzliche Kalkschiefer mit zwischengelagerten Tuffschichten, splittrig brechender Pietra verte und bröcklichem schwarzem Kalkmergel mit zahlreichen Versteinerungen, darunter die charakteristische *Halobia Lommeli.* — also typische Wengener Schichten.

Bemerkenswerth ist eine mittezwischenliegende intensiv rothe Mergelschicht (Brücke bei Ajale).

Wir haben in diesem Durchschnitte ein lehrreiches Profil von dem rothen Grödener Sandstein durch die Seisser und Campiler Schichten, den Muschelkalk, den Wengener Mergel bis nahe zum Kalk des Dosso alto ganz genau in der Entwicklung Südtirols vor uns, nur dass unten die Bellerophonkalke fehlen, wenn man nicht die Schichten unter 2) und 3), dafür ansehen will, und unter der Brachiopodenlage des Muschelkalks ein mächtiger Complex schwarzer Kalke sich bemerkbar macht. Thalabwärts heben sich in Folge einer Schichtenverrückung noch einmal die Bänke des Brachiopodenmuschelkalks hervor und werden nahe bei Etto wiederum von Wengener Halobien-Schichten überdeckt.

Wendet man sich bei Taverna-Lavone vom Hauptthale in das Seitenthal gegen Pezzaze, so durchschneidet man denselben Schichtenzug noch einmal meist in schönen Aufschlüssen bis zu der Rauhwacke, aber in umgekehrter Ordnung. Bei Pezzaze liegt mächtiger Schutt über den tieferen Gesteinsmassen.

Wir wissen nunmehr nach diesem Profil genau, dass der schwarze plattige Kalk unter der Brachiopodenbank des Muschelkalks liegt.

6. Der Durchschnitt zwischen Pezzaze und dem Iseosee und Ogliothale.

Bei dem Uebergange vom Pezzaze über die hohe Colina di Szeno in das Val Paletto wiederholt sich fast genau dieselbe Erscheinung, wie am Pass Maniva. Man steigt von Pezzaze an über stark von Gebirgsschutt überdecktes, nicht sehr steiles Gehänge, in dessen Untergrund an zahlreichen Stellen glimmerreicher Phyllit mit südlichem Einfallen beobachtet wurde.

Auf der Passhöhe selbst erkennt man bestimmt eine Sattelbiegung der Phyllitschichten, so dass sie im S. südwärts, im N. nordwärts einfallen. Beiderseits legen sich nun unmittelbar über dem Phyllit die Schichten des rothen Sandsteins an, die wir fortan gradezu als Grödener Schichten bezeichnen wollen, weil die in Italien und in der Schweiz wohl auch für diese Bildung in Anwendung gebrachte Bezeichnung „Verrucano" wegen Verwechselung mit den Conglomeraten des Rothliegenden nicht weiter zulässig erscheint.

Die rothen Sandsteinbänke sind flach geneigt und tragen nun beiderseits die im Val Trompia bezeichneten hangenden Schichten, wenn auch in weniger guten Aufgeschlüssen über sich. Nordwärts ist es der rothe Sandstein mit conglomeratigen Bänken, welcher sich weit über den Rücken ausbreitet und einerseits einen Flügel gegen das Gebiet des Mt. Colombino, andererseits hinab zum Ogliothal sendet, wo die rothen Sandsteinlagen durch die Felseninseln bei Darfo mit den Schichten am Eingang in das Dezzothal in Verbindung stehen.

Auf der Südseite des Sattels machen sich besonders

die schwarzen Kalke bemerkbar, welche am Gehänge gegen Mt. Guglielmo ausstreichen und in W.-Richtung zum Iseosee fortsetzen. Also auch hier finden wir die Grödenerschichten selbstständig und ohne Begleitung von Rothliegendem unmittelbar über Phyllit entwickelt, was deren Unabhängigkeit immer mehr bestätigt. Dabei ist noch ausserdem zu bemerken, dass wir zwar auf diesem Passe ähnlichen Lagerungsverhältnissen begegnen, wie längs der bis jetzt so vielfach erwähnten O.-W.-Verwerfung, dass aber dieser Punkt weit aus der Streichungslinie nach S. verschoben erscheint. Eine der Judicarien-Spalte gleichlaufende Linie vom Mt. Muffetto herstreichend deutet die Richtung an, in welcher gleichsam eine Schleppung nach S. stattfand, so dass dann westwärts, allerdings nunmehr in NW.-Richtung die Verwerfung fortsetzt. Damit stimmt auch die Beobachtung überein, dass von Colina di Szeno abwärts durch das Palettothal uns ununterbrochen in grosser Einförmigkeit die Phyllitschichten begleiten. Erst dicht vor Fraine treten wieder ganz eigenthümliche störende Momente hervor.

Schon ehe man den Ort Fraine erreicht, legen sich plötzlich unmittelbar über Phyllitschichten wieder Bänke rothen Sandsteins an, ohne dass sich eine Spur grauer Schichten, welche dem Rothliegenden zu vergleichen wären, bemerken lässt. Bald hebt sich auch ein typischer Quarzporphyr aus dem Untergrunde hervor und die rothen Sandteine der Grödener Schichten stehen hier genau in demselben Verhältnisse zu diesem Porphyr, wie in der Botzener Gegend oder in dem Distrikte von Belluno in dem Bündener Gebirge. Was aber diese Wechselbeziehung zwischen rothen, zuweilen conglomeratigen Sandsteinlagen und dem Porphyr hier noch interessanter macht, ist die Thatsache, dass, wie sich dies an der grossen Wegkrümmung zwischen Fraine und Sonvico gut beobachten lässt, in

der Porphyrnähe der Sandstein in eine dem Sericit- oder Phyllitgneiss sehr ähnliche Gesteinsart übergeht, genau so, wie ich es bei Stuls unfern Belluno und auch mehrfach im Davoser-Thale beobachtet habe.

Es legt sich nämlich zunächst an den normalen Porphyr eine flaserig schiefrige Bildung an, welche in der Hauptmasse einem hellfarbigen Porphyr oder häufiger einem Thonstein gleichkommt und in dieser gleichförmig dichten feldsteinharten Hauptmasse einzelne Ausscheidungen von Quarz, Orthoklas und Glimmer enthält, zugleich aber durch eine weiche, hellgrüne Sericit-artige Substanz durchflasert ist, so dass das Gestein im Ganzen ein schiefriges Gefüge annimmt und manchen Phyllitgneissvarietäten oder sog. Porphyroiden täuschend ähnlich wird. Man könnte solche Gebilde wohl Porphyrschiefer nennen. Nun ist oft zwischen diesem Flaserschiefer und dem rothen, schiefrigen Sandstein kaum eine Grenze zu finden, und wo diese hervortritt, stellt sich eine eigenthümliche Breccienbildung ein, welche aus meist kleinen scharfen Bröckchen von Porphyr, Quarz und, was besonders bemerkenswerth erscheint, von Phyllit verkittet durch eben jene Feldstein- und Sericitähnliche Masse, welche wir oben bei dem flaserigen Schiefer kennen gelernt haben, besteht. Damit scheint angedeutet zu werden, dass die Bildungszeiten des rothen Sandsteins und die Eruption des Porphyrs nicht sehr weit auseinander liegen.

Um diese dem ächten Phyllitgneiss im Aeusseren oft täuschend ähnlichen Gesteine der Porphyre und der Reihe der Grödener Sandsteine, wie solche mit dem sog. Verrucano der Schweizer Geologen häufig in Verbindung treten, näher kennen zu lernen, wurde die Sericit-artige Substanz einer Analyse unterworfen und dadurch deutlich erkannt, dass hier das äussere Aussehen der Masse uns ein trügerisches Bild vorführt.

Die grüne Sericit-ähnliche Zwischenmasse ist zu 22,4% durch Schwefelsäure zersetzbar und ausserordentlich Kieselsäure-reich.

In nachfolgenden bezeichnet:

I. die Bauschanalyse dieser grünlichen Substanz,

II. die Zusammensetzung des in Schwefelsäure zersetzbaren Antheils (22,4%) nach H. Schwager's Untersuchung,

III. die von Lossen aufgestellte theoretische Zusammensetzung des Nassauer Sericits:

Bestandtheile	I.	II.	III.
Kieselsäure . . .	82,69	58,78	51,43
Thonerde . . .	8,36	19,41	25,06
Eisenoxydul . . .	2,57	4,71	8,77
Kalkerde	0,46	0,67	—
Bittererde . . .	0,58	1,01	—
Kali	2,65	7,76	11,45
Natron	0,17	0,16	—
Wasser	1,93	5,94	3,29
Summe	99,41	98,44	100,00

Die grüne Substanz scheint demnach eine Vermengung von Quarz mit einem Onkosin-artigen Mineral darzustellen, welche nur äusserliche Aehnlichkeit mit Sericit besitzt und einen durch Zersetzung umgebildeten Thonstein darstellt. Aehnlichen Gesteinsübergängen begegnet man häufig in den Graubündener Alpen z. B. bei Stuls, Bellaluna, Bergen, im Davoser Thal, bei Ponte u. s. w.

Ehe man auf dem Wege von Fraine nach Pisogne den Ort Sonvico erreicht, legt sich jenseits der Porphyrkuppe

wieder der Complex der Grödener Schichten und unmittelbar darüber die Seisser- und jüngeren Mergelschiefer an, denen in der tiefen Schlucht von Valle Tel grossluckige Rauhwacke folgt. Eine Verwerfung schneidet diesen Schichtenzug plötzlich ab und bringt weiter abwärts noch einmal die Schichten des rothen Sandsteins und der Conglomerate zum Vorschein. Diesen legen sich dann wieder in normaler Folge die Seisser-, Campiler-Schichten und in der Schlucht der V. Torbiolo bei Pieve vecchia zum 2 Male Rauhwacke, hier mit weichen gypshaltigen Zwischenschichten an, um ihrer Seits weiter dem schwarzen Kalke zur Unterlage zu dienen, der das Steilgehänge SO. oberhalb Pisogne bildet und durch den See quer durchstreichend oberhalb Lovere an der nördlichen Thalseite wieder auftaucht.

Bei diesem leicht zu überblickenden Fortstreichen der Schichten von O. nach W. oder NW und NO. ist bemerkenswerth, dass die bisherige vorherrschend O.-W., oder doch SO.-NO. Streichrichtung nunmehr auf der Westseite des Ogliothals fast rechtwinkelig sich abbiegt und sofort auf eine weite Gebirgsstrecke hin von SW. nach NO. gewendet bleibt, ohne dass damit tief einschneidende Veränderungen in der Zusammensetzung der Gebirgsschichten verbunden sind.

Denn gleich oberhalb Lovere finden wir unter den mächtigen Diluvialnagelfluhbänken der Thalterrasse denselben schwarzen Kalk, wie bei Pisogne, und bei Volpino eine mit der Rauhwacke verbundene, erstaunlich mächtige Gypsbildung, auf der hier fast das ganze Dorf steht. Sie zieht sich über Castello zum Sattel des Kirchleins S. Vigilio o Lovano zu dem wir über die grossartigen Schutthalden des schwarzen Kalks emporsteigen. Das Steilgehänge gegen das Ogliothal oberhalb Rogno wird von schroffen Felsrippen der rothen Sandsteine und Conglomerate gebildet, welche auch in dieser Gegend an dem Felsen des Kirchleins

S. Vigilio Seisser- und Campiler Schichten über sich tragen. Wir haben also hier noch ganz die regelmässige Aufeinanderfolge von den Grödener Schichten bis zum Muschelkalk. Der Weg von S. Vigilio über Monti, Anfuro bis Angolo in Dezzothale führt ununterbrochen über diese fast in gleicher Richtung streichenden Triasglieder, unter denen auch hier der röthliche, von Holopellen-Kerne erfüllte Oolith in's Auge sticht. Erst kurz vor Angolo steigt man auf steilem Gehänge über rothe Sandsteinbänke zum Dezzothale hinab.

7. Dezzothal — Val di Scalve.

Die neue, durch das Dezzothal[10]) gebaute Strasse hat nicht nur das an den herrlichsten Naturschönheiten überreiche Schluchtenthal zugänglich gemacht, sondern auch zahlreiche, für die geognostische Wissenschaft besonders lehrreiche Profile aufgeschlossen.

Schon gleich oberhalb Angolo begegnen wir schwarzem, quer über das Thal ziehenden Kalkschiefer im Wechsel mit Tufflagen und grüner Pietraverde. Die zuerst anstehend zu beobachtenden Schichten sind kohlschwarze, hornsteinführende Kalke vom Typus der Buchensteiner Schichten. Dann folgt die Reihe der dünngeschichteten Kalkschiefer, welche zahlreiche Fischschuppen, *Aon*-artige *Ammoniten*, *Halobien* und in Unzahl *Posidonomya wengensis* beherbergen. Es sind diess typische Wengener Schichten. Trotz vielen Biegungen und örtlichen Unregelmässigkeiten ist das allgemeine Einfallen nach NW. auf weite Strecken zu bemerken. An den höheren Gehängen setzt sich darauf das hohe Kalkgebirge auf. Ehe dasselbe in seiner Neigung nach NW.

10) Obwohl bereits Lepsius dieses Thal geognostisch ausführlich beschrieben hat, halte ich es doch nicht für überflüssig, die Aufmerksamkeit nochmals auf die prächtigen Profile des Querthales zu lenken.

in die Thalsohle herab sich einsenkt, erhebt sich plötzlich nahe bei Val Iada ein mächtiger Fels eines prächtig grünen Eruptivgesteins ganz vom Pophyrcharakter, in dessen anscheinend dichter Grundmasse nach Art der Porphyre Orthoklas — selten Plagioklas — Quarz und grüne Glimmer eingesprengt vorkommen. Hornblende kann ich in den von mir eingesammelten, zahlreichen Gesteinsproben nicht als wesentlich ansehen, da ich zahlreiche Dünnschliffe aus verschiedenen Stellen der Eruptivmasse habe anfertigen lassen, welche keine Hornblende enthalten, in einzelnen Fällen fand ich zwar einige Hornblendenädelchen, aber immer höchst spärlich, nicht häufiger als in dem Porphyr von Colombino.

Lepsius[11]), wie Roschenbusch, bezeichnen das Gestein als Porphyrit. Letzterer bemerkt, dass dieses Gestein sich durch einen accesorischen Gehalt an braunem Glimmer und Quarz, so wie durch das Fehlen einer eigentlichen Basis, an deren Stelle eine kryptokrystalline Grundmasse getreten ist, sich von den echten Porphyriten unterscheide. Damit würde allerdings der sehr geringe Kieselsäuregehalt stimmen, im Uebrigen aber macht das Gestein auf mich den entschiedenen Eindruck eines Porphyrs.

Was diesen Durchbruch eines Eruptivgesteins aber geologisch besonders interessant macht, ist die deutlich gangförmige Durchsetzung desselben durch schwärzliche und grauliche Kalkbänke, welche der Grenzregion der Wengener und Esinokalkschichten angehören. Das Eruptivgestein ist nicht bloss an und durch den Kalk geschoben, sondern unzweifelhaft in weichem Zustande durch denselben emporgepresst worden. Denn wir finden an den Gangspalten der schief durchschnittenen Kalkbänke eine so innige Verwachsung von Porphyr und Kalkmasse, dass man von diesen

11) Lepsius a. a O. S. 183 und 317. Rosenbusch P. d. G. II. S. 291; Curioni nennt das Gestein von dieser Stelle Porfido basico.

Berührungsstückchen Dünnschliffe herstellen kann, die recht deutlich die innige Verbindung beider Gesteine an den Begrenzungsflächen erkennen lassen. Auch dringt das Eruptivgestein in feinen, oft nur messerrückendicken Aederchen vielfach in den Kalkstein weit hinein und enthält überdies zahlreiche Kalksteinbrocken in der Teigmasse rings eingeschlossen. Diese eingeschlossenen Kalkstückchen sind stark verändert, hellfarbig grünlich, wie von Porphyrsubstanz durchtränkt und an den Rändern mit demselben verflossen, während der an den Porphyr direkt angeschlossene Kalk äusserlich kaum eine andere Veränderung erkennen lässt als eine etwas hellere Färbung und ein fein krystallinisches Gefüge. Aus einer schief von der Eruptivmasse durchschnittenen Kalkbank konnte ich aus verschiedenen Entfernungen von der Ganggrenze Material sammeln, um es bezüglich eines erlittenen Einflusses zu prüfen. Es ergab sich Folgendes:

Ich stelle zunächst an die beiden Enden der Reihen auf der einen Seite

I. das Eruptivgestein mitten aus der Gangmasse, wo es, wie man annehmen muss, am wenigsten von dem Contacte beeinflusst ist, — auf der anderen Seite

VI. den Kalk aus der durchsetzten Kalkbank, aber 15 m entfernt von der Durchbruchsstelle. Dann folgen:

II. Eruptivmasse direkt an der Contactstelle verwachsen mit Kalk, aber von diesem sorgfältig abgetrennt, dann

III. im Porphyr ringsum eingeschlossene Kalkbröckchen, ferner

IV. Kalk unmittelbar mit der Eruptivmasse verwachsen und endlich

V. Kalk aus derselben Kalkbank, aber 1 Meter entfernt von der Contactfläche.

Bestandtheile	I	II	III	IV	V	VI
Kieselsäure .	55,60	51,64	47,78	17,15	6,24	6,54
Thonerde . .	22,30	21,84	17,01	2,50	1,92	1,24
Eisenoxyd . .	3,50	2,85	2,50	0,25	0,73	0,74
Eisenoxydul .	4,50	4,39	3,75	1,00	0,28	0,50
Kalkerde . .	1,75	1,80	11,43	43,63	48,74	48,86
Bittererde . .	1,65	5,76	4,00	0,54	1,84	1,28
Kali	3,42	3,55	3,50	0,29	0,74	0,50
Natron . . .	1,56	1,86	1,50	0,85	0,46	0,40
Kohlensäure.	2,52	4,56	8,64	33,90	39,16	38,57
Wasser . . .	2,42	2,16	0,55	0,05	0,60	0,85
	99,22	100,41	100,66	100,16	100,91	99,48

Aus der Vergleichung dieser Analyse ergeben sich ganz eigenthümliche Verhältnisse. Was zunächst die Zusammensetzung des, soweit sich beurtheilen lässt, ganz unzersetzten Gesteins mitten aus der Eruptivmasse entfernt von der Kalkgrenze anbelangt, so ist dessen basische Natur bei relativ geringem Gehalte an Kieselerde (55,6%) bei einem zudem höchst geringen Gehalt an Kalk und Bittererde sehr auffallend, um so mehr, da doch grössere Quarzkörnchen ziemlich häufig in der Porphyrmasse sich bemerkbar machen. Auch ist der Gehalt an Natron (1,56%) gegen jenen an Kali (3,42%) nicht gross genug, um in der Hauptmasse eine Natronfeldspathsubstanz voraussetzen zu können, viel weniger wegen der geringen Kalkerdemenge einen anderen Plagioklas. Ist man genöthigt das Vorwalten einer Orthoklassubstanz anzunehmen, so stimmt dazu der geringe Kieselsäuregehalt sehr schlecht. Doch bemerkt man in der undeutlich krystallinischen, an das Dichte grenzenden, aber in p. L. durchweg deutlich als doppelt brechend sich darstellenden Grund-

masse zahlreiche, hellgrüne Streifen und Schlingen einer gleichfalls doppelt brechenden Substanz, die nicht oder sehr schwach dichroitisch ist, von Salzsäure nur schwierig zersetzt wird, weder mit Chlorit noch Chloropit sich vergleichen lässt, und einem Eisenoxydulthonerdesilikat mit geringem Gehalte an Kieselerde anzugehören scheint. Jedenfalls trägt die Beimengung dieser prächtig grünen, auch oft mitten in den Quarzkörnchen eingeschlossenen Substanz viel dazu bei, den Gesammtgehalt an Kieselsäuren wesentlich herabzu drücken. Um die versteckte Beimengung etwa eines Zeolithes oder eines an Kieselsäure-armen feldspathigen Minerals aufzufinden, wurde das feinste Gesteinspulver mit concentrirter Salzsäure längere Zeit hindurch behandelt. In Lösung ging 16,145% mit 2,52% Kohlensäure, die an Kalkerde, Bittererde und Eisenoxydul gebunden ist; ausserdem 2,4% Wasser. Rechnet man von obigen 16,145
ab Karbonate 5,725
so bleibt Rest: 10,420, dessen Procentzusammensetzung zu kleinen Mischungsverhältnissen hinführt, welche sich deutlich als eine bestimmte oder als Gemenge verschiedener Mineralien ansehen lässt. Bemerkenswerth ist nun der nicht unbeträchtliche Gehalt an Karbonat, welches aber nicht, wie in anderen Fällen, als Zersetzungsprodukt zu deuten ist, sondern einen aus dem benachbarten Kalkgestein infiltrirten Absatz, wie da oder dort bemerkbare kleine Kalkspaththeile verrathen, darstellt.

Der unmittelbar an den Kalk angrenzende Porphyr (Analyse II) unterscheidet sich durch einen geringeren Kieselsäure- und grösseren Bittererdegehalt. Ausserdem macht sich eine etwas stärkere Beimengung von Karbonat bemerkbar, doch ist letztere immerhin gegenüber der unmittelbaren Nähe des Kalksteins auffallend gering. Wider alles Erwarten klein ist die kaum kennenswerthe Zunahme an Kalkerde im Ganzen. Der Abnahme an Kieselsäure im Porphyr

scheint die Zunahme des zunächst anschliessenden Kalks an Kieselsäure zu entsprechen. Im Ganzen hat ein erstaunlich geringer Umtausch von Kalk zum Porphyr stattgefunden. Noch eigenthümlicher zeigen sich die im Porphyr mitten eingeschlossenen Knollen, die man auf den ersten Blick unbedenklich für die in den Teig eingewickelten Kalkbröckchen halten möchte. Doch sind sie meist durch und durch von der grünen Porphyrmasse durchdrungen, und zeigen an den Rändern, wo sie allmählig in die Porphyrmasse übergehen, Einschlüsse von Quarz und Glimmer. In Dünnschliffen ist ihre Grundmasse abweichend von der des Porphyrs eine wirre, trübe, wolkige, pulverige Substanz mit einzeln eingestreuten weisslichen Krystalltheilchen, Quarzkörnchen und Glimmerschüppchen. Die Analyse eines solchen Einschlusses ergab:

Kieselerde	54,16
Thonerde	19,29
Eisenoxyd (mit Oxydul)	7,79
Kalkerde	4,48
Bitterde	4,46
Kali	1,93
Natron	2,83
Kohlensäure	3,24
Wasser	2,83
	99,86

Diese Zusammensetzung weicht so wenig von der des Porphyrs selbst ab, dass man zweifeln könnten, ob man diese Ausscheidungen für abgerissene und eingewickelte Kalkstückchen halten darf. Nicht leicht begreiflich wenigstens ist es, wesshalb der Kalk nicht zur Bildung von Kalksilikaten Verwendung gefunden hat. Die unter III oben mitgetheilte Analyse bezieht sich nun auf ein Stückchen von fast rein weisser Farbe und krystallinischem Gefüge, welche sich

scharf von der umhüllenden Porphyrmasse abgegrenzt zeigt. Hier scheint die Abstammung von dem benachbarten Kalk kaum anzweifelbar. Gleichwohl ist auch in diesem Falle obwohl die Substanz lebhaft braust, kaum mehr als 20% Karbonate vorhanden. Nimmt man das Karbonat weg, so bleibt ein Rest, dessen Zusammensetzung sich dem des Porphyrs nähert und nur mehr Kieselsäure nachweist. Derselbe wird durch kochende concentrirte Chlorwasserstoffsäure nur wenig zersetzt und zeigt weder eine Aehnlichkeit mit Zeolithen, oder Granat und sonst an den Contaktstellen im Kalk gewöhnlich ausgebildeten Mineralien. Als deren Zusammensetzung ergab sich:

Kieselsäure	56,82
Thonerde	12,01
Eisenoxyd	1,80
Eisenoxydul	3,19
Kalkerde	4,55
Bittererde	4,06
Kali	2,00
Natron	2,80
Wasser	2,73
	99,46

Daraus ergiebt sich eine so nahe Uebereinstimmung mit dem Porphyr, dass man diesen Rest in der That grössten Theils als in den Kalk eingedrungene Porphyrsubstanz ansehen muss.

In Dünnschliffen zeigt dieser Einschluss eine krystallinische Grundmasse mit eingestreuten grösseren und kleineren Kryställchen, vereinzelten Quarztheilchen und glimmerähnlichen Blättchen. Nimmt man mit verdünnter Säure die Karbonatbeimengung weg, so ändert dies verhältnissmässig wenig am Aussehen des Dünnschiffs. Hier und da ist

durch die Entfernung des Kalkspaths, der stellenweis ausgeschieden vorkommt, eine Lücke entstanden und zahlreiche der kleinen Krystallnädelchen sind verschwunden, doch ist die Hauptmasse scheinbar unverändert geblieben, nur dass man jetzt allerdings hellgrüne Streifchen deutlicher wahrnimmt, welche wie im Porphyr selbst durch die Hauptmasse sich durchziehen. Das Alles deutet auf bedeutende substanzielle Aenderungen hin, welche die im Porphyrteig aufgenommenen Kalkbröckchen erlitten haben, indem sie gleichsam von der Porphyrsubstanz durchtränkt wurden.

Die Verwachsung des Porphyres mit dem Kalk des Nebengesteins ist eine so innige, dass man, wie schon bemerkt, leicht Dünnschliffe herstellen kann, welche z. Th. aus Porphyr und z. Th. aus Kalkstein bestehen. Diese interessanten Contaktstückchen lassen auf der einen Seite in dem Porphyr keine irgend auffallende Verschiedenheit im Vergleich zu der entfernter liegenden Porphyrmasse wahrnehmen. Eine $^1/_4$—1 mm. breite ziemlich scharf geschiedene Grenzregion trennt den Porphyr von dem eigentlichen Kalk. Hier begegnen wir genau derselben Bildungsweise, wie in den mitten im Porphyr eingeschlossenen Kalkbröckchen: eine krystallinisch, höchst feinkörnige Grundmasse enthält zahlreiche kleinste Nädelchen, seltener grössere Kalkspaththeile und Quarzkörnchen neben grünlichen Streifchen, welche das Ganze durchschwärmen. Es bezeichnet ein feinstes, zackig welliges, dunkelgrünes Streifchen die eigentliche Abgrenzung von dem Kalktheil. Eine amorphe, glasartig erstarrte Zone ist nicht vorhanden. Der zunächst anstossende Kalk nun ist etwas heller gefärbt als das von der Porphyrgrenze entfernte Gestein, und anscheinend mehr feinkrystallinisch körnig. Diese Verhältnisse lassen sich in Dünnschliffen sehr deutlich erkennen. In diesen bemerkt man deutlich krystallinisch-körnige Theilchen von Kalkspath, zwischen welchen eine unklar krystallinische staubig

trübe Zwischenmasse verbreitet ist. Nimmt man durch schwache Säuren die kalkspathigen Gemengtheile weg, so bleibt eine porösschwammige, noch ziemlich zusammenhängende Masse übrig, die aus doppeltbrechenden, unregelmässig zackigen Stäbchen und Leistchen oder Körnchen besteht. An dem stellenweis sehr lebhaften Glanz der Farben i. p. L. glaubt man darunter Quarznädelchen erkennen zu können.

Aus allen diesen Erscheinungen an den Contraktflächen des Eruptivgesteins mit dem benachbarten Kalk geht hervor, dass der Einfluss des ersteren auf den durchsetzten Kalk in Bezug auf materielle Veränderung ein minimaler ist, der sich nur auf die allernächste, dem Porphyr unmittelbar angeschlossene Berührungsmasse des Kalkgesteins beschränkt. Dabei bleibt freilich immer unbestimmt, welches der ursprüngliche Grad des Einflusses war und wie viel an diesem durch die später sicher eingetretenen Wirkungen des circulirenden Wassers wieder unsichtbar geworden ist.

Verfolgt man das Profil nun weiter thalaufwärts, so biegen sich allmählig jene mächtigen weissen Kalklagen zur Thalsohle herab, welche die benachbarten Berghöhen krönen. Es sind meist hellfarbiggraue, sogar hellweisse Kalke, welche in mächtigen Bänken geschichtet, durch die bekannte Riesenoolithtextur sich auszeichnen. Durchschnitte von *Chemnitzien*, von einzelnen *Korallen* und am häufigsten von *Gyroporellen* lassen die Uebereinstimmung mit dem sog. Esinokalk oder den Wettersteinkalk der Nordalpen nicht verkennen. Die Bänke haben durchschnittlich ein Einfallen nach NW., sind aber vielfach gebogen, geschlungen, zu Mulden und Sättel zusammengeschoben und von dem Gewässer des engen Thaleinschnitts zu den sonderbarsten Felsformen ausgenagt.

Das häufige Vorkommen von *Gyroporella* in diesem Kalke — *G. annulata* und *multiserialis* sind ungemein

häufig — giebt mir Veranlassung an dieser Stelle mich etwas ausführlicher über diese nunmehr zu den Kalkalgen verwiesenen Organismen auszusprechen, um so mehr als Benecke in einer jüngeren Abhandlung[12]) über Esino gewichtige Bedenken gegen meine Zusammenfassung der Formgruppe der *Gyroporella annulata* und *vesiculifera* erhoben hat.

Zunächst darf ich bemerken, dass ich längst davon vollständig überzeugt bin, dass *G. vesiculifera* einen höheren Horizont einnimmt, als die typische *G. annulata* des Wettersteinkalkes. Ich habe bereits in dem ersten Abschnitte dieser Mittheilungen darüber berichtet, und das massenhafte Auftreten derselben im Hauptdolomite W. vom Gardasee erwähnt. Nach Benecke fehlt nun bei dieser Art der Nachweis, dass die Poren nach Aussen führen, d. h. eine Oeffnung nach Aussen besitzen. Auch gewinnt diese Form dadurch eine gewisse Eigenthümlichkeit, dass die Höhlräumchen nicht in einem geschlossenen Kreise stehen; desshalb glaubt Benecke folgern zu sollen, dass darin ein besonderer Typus, der von jenem der *G. annulata* abzutrennen wäre, begründet sei, für den jedoch der Namen *Gyroporella* desshalb nicht passe, weil die Poren nicht ringförmig gestellt seien.

Es muss zugegeben werden, dass die *G. vesiculifera* etwas Abweichendes von den andern *Gyroporellen* besitzt, obwohl nicht zugestanden werden kann, dass der Gegenbeweis sicher erbracht sei, es fehle an einer Communication der Poren nach Aussen. Wenn man bedenkt, wie schwierig es ist, bei senkrechten oder horizontalen Durchschnitten gerade die Stelle zu treffen, wo ein sicher sehr feines Kanälchen vom Hohlraume zur Oberfläche verlaufen würde, wenn man ferner bedenkt, wie unsicher das Erkennen solcher feinster Verbindungen in dem krystallinischen, meist rauhen Dolomit sei, wird man wenigstens nicht mit Bestimmtheit

12) Ueber die Umgebungen von Esino 1876.

die Abwesenheit der Kanälchen behaupten können. Ich habe solche allerdings auch nicht absolut sicher zu erkennen vermocht, glaube aber doch Dünnschliffe vor mir zu haben, welche eine solche Annahme gestatten. Will man diese Form als besonderes Genus von *Gyroporella* abgrenzen, so man wird sie wohl als *Ascoporella* zu bezeichnen haben.

Was dann die Formen mit durchreichenden, nahe gleich weiten Kanälchen anbelangt, so wird man wohl, je nachdem diese Kanälchen zu je zwei Reihen zusammengeordnet sind, oder in mehrere Reihen geordnet oder auch ziemlich gleichmässig in Reihen ohne Unterbrechungen vereinigt sind, für jede diese Eigenthümlichkeiten besondere Gruppen aufstellen können. Mir scheint jedoch dieses Moment nicht zwingend, um eine so weitgehende, bedeutungslose Zersplitterung vorzunehmen, um aus jeder dieser Reihen ein besonderes Genus zu machen. So viel aber scheint mir denn doch klar, dass, wenn man für alle diese Specialitäten eine Gattung aufstellt, diese gemeinsame Bezeichnung nicht *Diplopora* sein kann, weil die Benennung nur auf jene beschränkte Formreihe mit je zweireihig gestellten Kanälchen bezogen werden könnte. Gerade desshalb glaubte ich annehmen zu dürfen, dass sich der von mir vorgeschlagene, allgemeine und umfassende Name *Gyroporella*, unter dem sich ohne grossen Zwang selbst noch *G. vesiculifera* bringen lässt, durch sich selbst gerechtfertigt sei.

Ich füge hier eine Bemerkung über die *Gyroporellen* von Esino bei, von welchem mir ein reiches Material aus dem hiesigen paläontologischen Museum zur Untersuchung zur Verfügung stand. Wenn, wie Benecke bemerkt, bei den Formen von Esino zahlreiche Exemplare mit je zwei genäherten Kanälchenreihen vorkommen, bei welchen diese Kanälchen anstatt, wie bei *G. annulata* schief aufwärts, eine nahezu horizontale Richtung einschlagen, so kann das,

wenn keine Uebergänge vorkommen, wohl auf zwei unterscheidbare Arten hinweisen. So weit meine neulichen Untersuchungen zu erkennen geben, habe ich nur sehr vereinzelte Exemplare aufgefunden, welche mehr horizontal erlaufende Kanälchen besassen. Ich konnte mich aber sonst von einer scharfen Abgrenzung gegen *G. annulata* nicht überzeugen. Bei dieser Gelegenheit fand ich auch Exemplare der schönen grossen *G. aequalis* im Esinokalk, wahrscheinlich Stoppani's *Gastraschoena herculea.* Noch eine andere Lokalität der Westalpen verdient bei dieser Gelegenheit erwähnt zu werden, nämlich Mondovi in der Provinz Cuneo der ligurischen Alpen, von wo ich durch die Gefälligkeit des H. Portis eine grosse Anzahl *Gyroporellen* reicher schwarzer Dolomite zur Untersuchung erhalten habe. Ich erkannte als die vorherrschende Form *Gyroporella annulata*, daneben *G. multiserialis*, *G. aequalis* und *dissita.* Auch Durchschnitte von *Dentalinen* konnte ich bemerken. Diese Einschlüsse lassen wohl keinen Zweifel darüber bestehen, dass dieses Gestein, trotz seiner tiefschwarzen Färbung ein Aequivalent des Schlerndolomits oder Wettersteinkalks sei, der mithin eine grosse Rolle in jenen westlichen Alpen spielt.

Was endlich die gerade im Dezzothal besonders prächtig vorkommende Riesenoolithbildung anbelangt, die Stoppani als eine Zusammenhäufung knolliger Spongien ansieht — Esinospongia — so hat bereits Benecke für die gleiche Bildung von Esino, wie früher von Escher von der Linth und dann von mir für die Nordalpen nachgewiesen wurde, klargelegt, dass wir es durchweg nur mit grossen nieren- oder knollenförmigen unorganischen concentrisch schaligen Ueberrindungen zu thun haben. So ist es auch im Dezzothale. Dünnschliffe lassen keine Spur einer organischen Struktur erkennen, wohl aber kommt es vor, dass die Ueberrindungen über ein Stückchen eines Schwammes oder andern

organischen Körpers stattfand, wie dies auch bei Oolithkörnchen im Kleinen vorzukommen pflegt.

Dieser Kalk zieht sich unter verschiedenen wellenförmigen Krümmungen im Dezzothale aufwärts, wird jedoch endlich überdeckt von einem graulichen mergeligen Schichtencomplex mit schwärzlicher Lumachell- und einer Art Oolithbildung. Diese Schichten enthalten Versteinerungen, in grosser Menge unter Anderen: *Gervillia bipartita*, *Corbis Mellingi*, *Myophoria Kefersteini*, *Pinna Bouëi*, *Pecten filosus* u. A. Es sind dies die sog. Dosseno- oder Raibler-Schichten, welche regelmässig den Esino- oder Wettersteinkalk zu überlagern pflegen.

Diese Schichten halten im Thale nicht lange an, und ehe man den ersten Strassentunnel erreicht, bilden wieder geschlossene dolomitische Gesteine, aber mit nunmehr SO. Einfallen die felsigen Thalgehänge. Es sind dies wieder Bänke des Esinokalks, die sich muldenförmig unter den Raibler Schichten herausheben und den Gegenflügel des vorhin erwähnten Kalkschichtensystems ausmachen. Die Schichten zeigen auch hier mancherlei unregelmässige Verbiegungen, Krümmungen, welche in dem tiefen Flussrinnsal oft prächtig entblösst sich zeigen, nehmen aber bald ein ziemlich regelmässiges SO. Einfallen an.

Sehr bemerkenswerth ist auch auf diesem Gegenflügel zwischen dem zweiten Wegmacherhaus und dem Tunnel ein ähnliches hellfarbiges Porphyrgestein, das deutlich gangartig den Kalk durchbricht, wie es scheint, nahe in gleichem geologischem Horizonte, in welchem wir das Vorkommen bei Angolo vorn beschrieben haben. Doch ist diese Eruptivmasse meist so vollständig in ein Steinmark-ähnliche Substanz umgewandelt, dass man feste unveränderte Stücke nicht zur Hand bekommt.

Eine von Ost her ziehende Verwerfung nahe bei Paen schneidet die Kalkschichten ab und es wird dadurch die

direkte Continuität der Schichten unterbrochen, indem mächtiger Gehängeschutt sich breit macht. Erst nahe unterhalb Dezzo, wo die Höhenstrasse von Clusone her sich mit der Thalstrasse vereinigt, stehen wieder reichlich ausgebildete Wengener Halobienschichten in Form schwarzen Mergelschiefer an. Wir haben damit den Gegenflügel der Schichten oberhalb Angolo erreicht. Rasch folgten nun, soweit sich dies unter grossartigem Gehängeschutt an einzelnen Stellen erkennen lässt, schwarzer Muschelkalk, schwarzer plattiger Kalk, Rauhwacke und die hier besonders mächtigen Mergel der Campiler und Seisser Schichten, deren Unterlage, der rothe Grödener Sandstein erst oberhalb Vilminore zu Tag ausstreicht. Wir haben damit das eigentliche Val Scalve betreten, in dessen Mitte das freundliche Dorf Schilpario liegt.

Die nördliche, terrassenförmig ansteigende breite Thalseite ist bei Schilpario von mächtigem Schutt und Ueberdeckung eingenommen und bietet wenig Gelegenheit zu geologischen Beobachtungen. Auch in dem Wälder-reichen Grunde, durch den man ostwärts zum Pass von Zovetto emporsteigt, findet sich nur an sehr vereinzelten Stellen anstehendes Gestein. Erst wenn man zu den ausgedehnten Alpflächen vorgedrungen ist, stellen sich immer häufiger Entblössungen ein und der weit von S. nach N. ausgedehnte Kamm, über den hier verschiedene Passwege in das Ogliothal hinüberführen, liefert uns an verschiedenen Stellen sehr instruktive Aufschlüsse.

Wir beginnen unsere Untersuchung am S. tiefsten Satteleinschnitte, wo dicht am Fuss des steilen Gehänges des Mt. Vaccio der Weg auf der Sattelhöhe in die sehr dünngeschichteten, von zerstückelten, kohligen Pflanzenresten erfüllten, grünlich grauen Sandsteinschiefer einschneidet. Unter den zahllosen Pflanzenresten lässt sich mit Sicherheit nur ein *Equisetum* erkennen. Diese Sandstein-

schiefer wiederholen sich mehrfach in dem System schiefriger schwarzer Mergelschiefer, tuffig sandiger Lagen und harter hornsteinartiger Schichten, welche sowohl nach ihrer petrographische Beschaffenheit wie durch den Einschluss von *Halobien* sich als Zugehör zu den Wengener Schichten zu erkennen geben. Diese Schichten reichen an dem Querrücken bis unmittelbar zu den steil aufsteigenden Kalkfelsen, die zum Mt. Vaccio emporragen. Es thürmen sich hier feine, dichte, grauliche Kalke voll von Esinospongien und Gasteropoden auf, deren Zugehörigkeit zum Esinokalk ausser Zweifel steht.

In der entgegengesetzten nördlichen Richtung stellen sich auf dem Kamme, der zum Hauptpasse nach Edolo fortzieht, im Liegenden der oben erwähnten Wengener Schichten erst hornsteinreiche, schwarze Kalke mit knollig wulstigen Schichtflächen (Buchensteinerschichten) und darunter hellgraue, flasrig knollige Kalke mit Spuren von *Brachiopoden* (Bänke des alpinen Muschelkalks) und endlich unter diesen der hier mächtige Complex schwarzer, weissadriger und butziger, plattiger Kalke, welche gegen das Liegende zu mehr mergelige Beschaffenheit annehmen, durch Verwitterung leicht ausbleichen und sich unmittelbar auf die hier grossartig ausgebreitete Rauhwacke auflegen, ein.

Ausser diesen normalen Schichtgesteinen betheiligt sich aber an der Zusammensetzung des Felskamms zwischen den zwei Sattelübergängen von Zovetto auch ein sehr ausgezeichnetes Eruptivgestein in grosser Mächtigkeit, wie dies bereits die Curionische Karte richtig angiebt.

Dieses Gestein nimmt genau dieselbe Stellung ein, wie die Eruptivmasse zwischen Compress- und Cadino-Alpe bei Bagolino und auch seine Gesteinsbeschaffenheit weist auf dieselbe Gruppe der Diorite hin, welche zu wiederholten Malen bereits erwähnt wurden z. B. oberhalb Collio, im Serimandothal, im Mellathale unterhalb Bovegno u. s. w. Es ist

dies wahrscheinlich der Mikrodiorit von Lepsius. Da das Gestein am Zovettopasse unter allen beobachteten Vorkommnissen die geringsten Veränderungen erlitten zu haben scheint, so dürften einige weitere Bemerkungen über dasselbe hier eine Stelle finden.

Das Gestein ist deutlich nicht sehr feinkörnig, der Hauptsache nach aus krystallinischen Theilchen zusammengesetzt, bei welchen ein weisses feldspathiges Mineral und dunkelgrüne Hornblende ohne deutliche Grundmasse sich in die Herrschaft theilen. In den Dünnschliffen zeigen sich die feldspathigen Theilchen stark verändert, meist milchig und wolkig trübe und lassen i. p. L. meist nur Aggregatfarben hervortreten; selten bemerkt man parallele Farbestreifchen eines Plagioklases oder das anscheinend gleichmässige Blau und Gelb orthoklasischer Feldspäthe. Dazwischen und aufs innigste mit den feldspathigen Theilchen vermengt tauchen, zu kleinen, beerenförmigen Häufchen gruppirt, ganz kurze, anscheinend fast quadratische Stäbchen von hellbouteillengrüner Farbe auf, die beim ersten Anblick einen tesseralen Mineral anzugehören scheinen, i. p. L. aber nach allen Richtungen hin die schönsten Farben geben. Sie sind nicht fasrig, in Säuren unzersetzbar und dürften am ehesten einem Augitbestandtheil zuzuweisen sein. Die einzelnen Kryställchen sind zu klein, um Winkelbestimmungen vorzunehmen. Bei der innigen Verwachsung mit dem Feldspathbestandtheil war es unausführbar, letzteren für eine besondere Analyse rein auszuhalten. Die nachstehende Feldspathanalyse giebt desshalb auch kein genaues Bild der Zusammensétzung dieses Gemengtheils. Die Hornblende ist schön grün gefärbt, stark dichroitisch und zuweilen an das Fasrige grenzend, streifig. Glimmer habe ich an den mir vorliegenden Exemplaren nicht auffinden können. Magnetitkörnchen sind nur sehr spärlich vorhanden; Quarz fehlt. Ich fand das Gestein auf der Passhöhe zwischen Comprass und den Cadino-Alpen

bei Bagolino, dann an zwei Stellen bei Collio, bei Bovegno und auf dem Zovettopasse bei Schilpario mit Ausnahme des mehr oder weniger hohen Grades der Zersetzung nahezu übereinstimmend und sehr ähnlich, wenn nicht ident mit dem von Lepsius beschriebenen Microdiorit. Da dieser Name jedoch auf die feinen Texturverhältnisse zu beziehen ist und andeuten soll, dass das Gestein der Bergamasker Alpen zum Diorit sich verhalte, wie der Mikro-Granit zum Granit, so passt dies durchaus nicht zu dem mir vorliegenden Gestein, das so deutlich krystallinisch körnig, wie selten selbst der ächte Diorit ausgebildet ist. Ich möchte daher, da seine Eruptionszeit der älteren Trias zufällt, das Gestein lieber als Mesodiorit bezeichnen.

Die Analyse ergab folgendes Resultat:

Bestandtheile	Bausch-analyse	Analyse des feld-spathigen Theils
Kieselsäure	47,70	56,04
Titansäure	0,80	0,56
Thonerde	15,25	18,04
Eisenoxyd	} 13,07	0,91
Eisenoxydul		1,95
Manganoxydul	Spuren	Spuren
Kalkerde	11,70	9,00
Bittererde	5,00	5,44
Kalk- (Mg O Fe O) Carbonat	1,56	—
Kali	0,79	0,78
Natron	3,08	6,26
Wasser und Kohlensäure	1,50	1,42
Summa	100,45	99,50

In Bezug auf die Zusammensetzung des möglichst rein ausgesuchten Feldspaths lässt sich allein schon aus dem hohen Gehalt an Bittererde entnehmen, dass, wie durch die optische Untersuchung bereits erkannt worden war, eine Vermengung mit einem Bittererde-kalkhaltigen Mineral vorliegt. In wieweit dies beigemengte wahrscheinlich dem Augit angehörige Mineral wirklich die Bestandtheile dieses Körpers enthält, entzieht sich unserer Berechnung. Nur so viel ist aus der Analyse ersichtlich, dass abgesehen von dieser augitischen Beimengung, die feldspathige Masse nur zu sehr geringem Maasse aus Orthoklas, vorherrschend dagegen aus einen Natron-Kalk-Plagioklas besteht.

Der nördliche Hauptsattelübergang nach Loveno schneidet in mächtige Rauhwackenbildungen ein, die von Zwischenlagen weicheren, wahrscheinlich auch gypshaltigen Mergels begleitet werden. Mit dem nun noch weiter NO. fortstreichenden Gebirgskamm, der sich gegen Mt. Venerocolo emporzieht, stellen sich dann auch die mergelig-sandigen, theils intensiv rothen, theils grünlich grauen, durch Verwitterung oft rostfarbigen Schiefer der Campiler- und Seisser-Schichten mit zahlreichen gut erhaltenen Versteinerungen ein. Auch an Eisenerzen ist dieser Gesteinszug ausnehmend reich und das ganze Gehänge ist von alten und selbst jetzt noch zeitweise in Betrieb stehenden Erzgruben bedeckt. Es sind vielfach zu Tag ausstreichende, Eisenerz-reiche Gesteinslager, welche verrathen, dass auch hier die Erze vorherrschend, wenn nicht ausschliesslich, flötzweise ausgebildet vorkommen. Rothe Sandsteinbänke und Conglomeratlagen treten nur in einzelnen Wasserrissen am Weg nach Schilpario zu Tag.

7. Fiumenero im oberen Val Seriana, Valle del Gleno und Mt. Venerocolo.

Die Angaben der von Hauer'schen und Curioni'schen Karten weichen bezüglich der Auffassung der Gebirgsglieder in dem hohen Gebirgstheile, welcher das Val di Scalve und Val Seriana nordwärts abschliesst und von dem Veltliner Thal scheidet, wesentlich von einander ab. Während von Hauer die sog. Kohlenformation von der Nachbarschaft des Mt. Venerocolo bis St. Marco sich ausbreiten lässt, dehnt Curioni die der sog. Kohlenformation (Scisti antrascitici) zugetheilten Schichten auf die Thalausläufer des Val Seriana (V. Barbelino, Fiume nero, Val Grabiasca, V. Goglio etc.) aus und beschränkt seine permische Schichten — unter welchen freilich auch ein Theil des v. Hauer'schen Verrucano fällt — auf die engere Gebirgsgruppe von Mt. Venerocolo bis zum Bondione Thal. Da nun an diese zuletzt genannte Bildung in dieser Gegend längs einer beträchtlichen Strecke der rothe Sandstein mit den Seisser Schichten sich anschliesst, so war in dieser Gegend wiederum die doppelte Aufgabe gestellt, einmal zu untersuchen, ob die hier auftretenden sog. permischen Schichten identisch sind mit jenen von Collio und Bagolino und dann, wenn dies der Fall, in welcher Wechselbeziehung hier diese permischen Gesteine zu dem rothen Sandstein der Grödener Schichten stehen.

Wir beginnen unsere Untersuchung in dem Gebiete des Val Seriana mit Begehung des engen Gebirgsthales Fiume nero.

An dem Dorfe Fiume nero beobachtet man auf der S. Thalseite an der Brücke unzweifelhaft anstehenden glimmerigen Phyllit. Er bildet auch hier die Unterlage jener Gesteinsreihe, welche nun im eigentlichen Fiumenerothale sich

darauf anlegt. Wir finden hier dieselben graugrünen, harten grauwackigen Sandsteine, grauliche oder schmutzig grüne rothe Conglomerate, schwarze glimmerige dünnplattige Sandschiefer mit Wülsten auf den Schichtflächen, kohligen Einschlüssen und Spuren von Pflanzenüberresten, wie sie in den sog. permischen Schichten bei Collio erfunden werden. Auch die Benützung der dünnen, plattigen Sandsteine als Dachdeckmaterial kehrt genau ebenso bei Fiume nero wieder.

Diese Schichten streichen quer durch das Thal und fallen ziemlich constant steil nach NW. ein.

Schon oberhalb der Einmündung des Val Secca tauchen die darunter liegenden älteren Phyllitschichten wieder auf und es ist wenigstens hier im Thale der rothe Sandstein nicht entwickelt. Vielleicht war dies Veranlassung, dass Curioni diese Schichten zu dem anthracitischen Kohlengebirge und nicht zu den permischen Schichten gerechnet hat. Doch ist es keinem Zweifel unterstellt, dass diese Schichtenreihe genau identisch mit jenen von Collio, also mit Ausschluss der eigentlichen Carbonformation der Dyas zuzuweisen ist.

Die älteren Phyllitgesteine dieses Thales, welche höher aufwärts mächtig anstehen, tragen einen so ausgezeichneten Charakter an sich, dass sie etwas näher geschildert zu werden verdienen. Es nehmen unter denselben nämlich die sog. Phyllitgneisse hier einen ganz besonders hervorragenden Antheil an der Zusammensetzung dieser Schichtenreihe und bieten die mannichfaltigste Abänderung dieses an sich vielfach wechselnden Gesteins. Die Hauptform gleicht so vollständig dem sog. Phyllitgneiss des Fichtelgebirgs oder gewissen Typen des Sericitgneisses von Nassau, dass man Handstücke davon nicht zu unterscheiden vermag. Auch ist es nicht zweifelhaft, dass alle die gneissartigen Gesteine, die wir bisher in den Bergamasker Alpen nur gelegentlich als Phyllitgneiss erwähnt haben, zugleich mit dem von

Theobald zuerst als Casannaschiefer vom Casannapasse unterschiedenen Gestein, wie überhaupt mit den zahlreichen Varietäten, die später unter diesem Namen in dem Bündener Hochgebirge bezeichnet und neulich wieder von Rolle[13]) unter Hinweisung auf Simmler's Alpinit und Helvetan-Gneiss in den rhätischen Alpen beschrieben wurden, zusammengefasst eine natürliche Gruppe ausmachen, welche sich ebenso bestimmt geographisch abscheiden, wie geologisch in ein bestimmtes Abhängigkeitsverhältniss zu der Phyllitformation bringen lässt.

Es muss jedoch bemerkt werden, dass später von Theobald Vielerlei unter Casannaschiefer zusammengenommen wurde, wodurch der ursprünglich bloss petrographische Begriff sogar vorwaltend einen stratographischen Beigeschmack erhielt. Suess drückte demselben förmlich die Bedeutung einer Formationsabtheilung im Sinne einer alpinen Faciesbildung von Carbonschiefer auf. Ich glaubte hier Veranlassung nehmen zu sollen, bei dieser Gelegenheit die bis jetzt aus den verschiedensten Gegenden gesammelten verwandten Gesteinsarten des sog. Phyllitgneisses einer vergleichenden Betrachtung zu unterziehen. Es liegen mir vor oder sind aus der Beschreibung sicher hieher gehörig auzuführen: Gesteine aus den verschiedensten Theilen des Centralstocks der östlichen Alpen von Sömmering bis zu den Grenzen der Schweiz und Italiens. In der Schweiz findet sich das Gestein vielfach, wie erwähnt, in den Graubündener Schieferalpen, in dem von Rolle durchforschten Gebiet von Chiavenna und im Veltliner Gebiet, in der Tödigruppe, in den Berner Alpen, im Gotthardtgebiet (jedoch nicht unter den mir vorliegenden Gesteinen des Tunnels), vielfach auch als sog. Pseudokalkschiefer oder Talkgneiss und Talk-

13) Mikroscopische Beiträge aus den Rhaetischen Alpen von Dr. Fr. Rolle 1879.

quarzit der Savoyer- und Piemonteser Alpen, und wie angeführt, häufig in den Bergamasker Alpen. Dazu kommt das als Sericitschiefer bezeichnete, häufig gneissige Gestein aus Nassau, im linksrheinischen Schiefergebirge, in den Ardennen im Harze (Porphyroide), jenes von mir beschriebene aus dem ostbayerischen Grenzgebirge, aus dem Fichtelgebirge und Thüringer Walde. Ferner gehören gewiss auch zahlreiche Fundpunkte z. B. der Ardennen, Pyrenäen, des Balkans, in Nordamerika (Michigan, Canada) u. s. w. hieher.

Alle diese Gesteine von überraschend grosser petrographischer Aehnlichkeit, welche vorherrschend ein wesentliches Glied der Phyllitformation ausmachen, möchte ich unter der Bezeichnung Sericitschiefer[14]) und allgemein als Sericitgestein zusammenfassen.

Charakteristisch für alle diese Gesteine ist der sog. Sericitbestandtheil, welcher in Form dünner, wein- oder gelblich grünlicher, selten röthlicher Schüppchen oder Blättchen in meist wellig gewundenen flaserigen Lagen der Schichtung parallel mit den übrigen Bestandtheilen verbunden dem Gestein von der Schichtfläche betrachtet einen fettig seiden- oder talkartigen Glanz verleiht. Dies hat vielfach zu der falschen Bezeichnung solcher Gesteine als „talkig" verführt.

Auf dem höchst charakteristichen Querbruche des meist dünnblättrigen, doch zuweilen auch dickflasrigen Gesteins sieht man die welligen, dünnen Flasern des Sericits, die sich häufig auskeilen, um andere dafür sich anlegenden Platz zu machen, in stetem Wechsel mit feinkörnigen, trüben und hellen meist etwas dickeren, nicht sericitischen Lagen, die sich gleichfalls häufig verstärken und verschwächen, verflasert.

---

14) Siehe Näheres in meiner geogn. Beschreibung Bayerns III. Bd. Fichtelgebirge S. 123 und ffd.

Es sind vorherschend feldspathige und quarzige Substanzen, welche sich an der Zusammensetzung dieser Flasern betheiligen. Bald sind in diesen die feldspathigen, bald die quarzigen Lagen mehr entwickelt, bis zum Verschwinden der einen oder andern, wodurch verschiedene Varietäten sich bilden. Nicht selten auch ist die Durchwachsung dieser Substanzen so innig, dass eine mehr oder weniger dicht aussehende, Thonstein- oder Hälleflint-artige Gesteinsart sich daraus entwickelt. Zu den mehr oder weniger regelmässigen lagerigen Lamellen kommen ferner noch k n o t i g e A u s s c h e i d u n g e n von F e l d s p a t h oder Q u a r z oder von beiden zugleich vor. Diese Ausscheidungen sind dadurch ausgezeichnet, dass sie plötzlich und rasch zu einem grösseren Korn anschwellen, sich zwischen die Lamellen eindrängen, oft sogar dieselbe gleichsam quer durchschneiden und fast senkrecht zu den Lamellen gestellt erscheinen.

Auf den Schichtungsflächen machen sich diese aus der Masse ausgeschiedenen Körnchen, welche fälschlich als klastische Einschlüsse gedeutet worden sind, als kleine Erhabenheiten oder Knötchen bemerkbar, und tragen in Verbindung mit den welligen, oft gekräuselten Unebenheiten der Sericitflasern wesentlich dazu bei, die Eigenartigkeit des Phyllitgneisses und Sericitquarzites schon dem äusseren Ansehen nach für das Auge leichter bemerkbar zu machen.

In D ü n n s c h l i f f e n bieten namentlich die q u e r zur Schichtung genommenen Schnitte besonderes Interesse. Es lassen sich hier die in mehr oder weniger dünnen Lagen mit einander flasrig wechselnden Schüppchen und Streifchen von Sericit und Quarz sehr deutlich daran unterscheiden, dass die wellig gebogenen Sericitflasern wie aus einzelnen der Länge nach gestreckten Fasern zusammengesetzt erscheinen, wobei diese Fasern manchmal mit einander verflochten sich darstellen. Die Substanz zeigt im Querschnitte i. p. L. nur schwaches Farbenspiel. Die Quarzlagen dagegen

sind feinkörnig und scheinen zwischen den feinsten Körnchen zugleich auch oft noch eine feldspathige Substanz zu beherbergen. Letztere ist jedoch auch den Sericitschüppchen in mehr dichter Verwachsung beigemengt. Wo die meist wasserhellen und vielfach von Flüssigkeitsbläschen erfüllten Quarzausscheidungen sich zwischen diesen Streifchen einstellen, sieht man nicht selten die Enden der Sericitlagen in einzelne Fasern getheilt in die Quarzmasse[15]) hineinragen zum deutlichsten Beweis ihrer gleichheitlichen Entstehung mit den übrigen Bestandtheilen des Gesteins. Noch auffallender ist bei manchen Feldspathknötchen die quer zu der Schichtung gerichtete Streifung, die sich vielfach i. p. L. ähnlich wie die Streifchen der Plagioklase verhält.

Bei den Schliffen parallel den Schichtflächen trifft man es nur sehr selten, gute Durchschnitte durch die Sericitflasern zu erhalten, die nicht in Folge anderweitigen Zwischenlagen undeutliche Erscheinungen liefern. Dagegen gelingt es besser dünne Blättchen von dem Gestein mit einem feinen Messer abzuheben und diese einer Untersuchung zu unterziehen. Es ist bemerkenswerth, dass selbst die feinsten Blättchen, die eine gewisse Neigung der Zerspaltung an sich tragen, spröde und nicht elastisch biegsam sind. U. d. M. zeigen sich diese Spaltblättchen meist nur stellenweise vollkommen klar durchsichtig. Sie sind durch wolkenartig eingestreute dunkle Staubtheilchen flockig trübe. I. p. L. treten eigenthümlichen Erscheinungen hervor. Bei der Dunkelstellung erscheint der Sericit an den durchsichtigen Stellen hell ohne deutliche Färbung, zugleich aber erfüllt mit einer

---

15) Ein einziger Blick auf den Dünnschliff eines Phyllitgneissquerschnittes lehrt überzeugend, dass man diese Quarz- (und Feldspath-) Körnchen nicht als klastische, Geröll-ähnliche Einschlüsse ansehen dürfe. Selbst in Fällen, wo solche Körnchen quer zur Schichtung gestellt sind, zeigt sich an den Rändern eine innige Verwachsung mit den übrigen Substanzen des Gesteins.

erstaunlichen Anzahl kleiner Nädelchen, zuweilen auch sechseckige Blättchen, welche in lebhaften Farben glänzen. Namentlich ist dies bei dem grünlichen Sericit von Naurod[16]) in Nassau der Fall. Dies beweist schlagend, dass die meisten Sericite nicht aus einer einheitlichen Substanz bestehen. Sehr bemerkenswerth ist das Verhalten der Sericitblättchen bei Anwendung der Stauroscop-Vorrichtung. Stellt man hierbei den Apparat auf das schwarze Kreuz ein, so ändert sich nach eingeschobenen Sericitblättchen weder die Farbe noch die Stellung des Kreuzes beim Umdrehen des Sericitblättchens, eine Erscheinung, welche wesentlich gegen die Annahme spricht, dass der Sericit nur eine Modification von weissem Glimmer sei.

Häufig ist derselbe mit chloritischen und solchen Substanzen verwachsen oder durch diese ersetzt, welche gewöhnlich auch die Hauptmasse der Phyllite zusammensetzen. Selbst Andeutungen von Glimmerschüppchen stellen sich ein. Ausserdem scheinen auch die übrigen zufälligen Beimengungen z. B. von Magneteisen, Schwefelkies, Karbonaten sich an diese Lagen zu halten, wodurch dieselben oft unklar und undeutlich werden.

Eigenthümlichen Schwierigkeiten unterliegt die chemische Untersuchung dieser Gesteine. Es ist schon von vornherein klar, dass eine Bauschanalyse kaum einen maassgebenden Aufschluss zu liefern im Stande ist. Die selbst durch das unbewaffnete Auge deutlich wahrnehmbare Verschiedenheit in dem Gehalt an makroscopisch ausgeschiedenem Quarze lässt dies schon erkennen. Wir können daraus höchstens bei einem grossen Ueberschuss an Kieselsäure einen hohen

---

16) Ich verdanke diesen typischen Sericit der Güte des Herrn Prof. Sandberger in Würzburg, der mir zugleich die sehr interessante Mittheilung machte, dass der von List analysirte Sericit von Naurod von einer Quarzader in Schiefer herstammt, und dass der eben erwährte grünliche von Naurod dem List'schen Originalsericit sehr ähnlich sei.

Gehalt an Quarz ableiten. Aber auch die getrennte Analyse des mit aller Sorgfalt ausgesuchten sericitischen Bestandtheils liefert in den seltensten Fällen ganz befriedigende Resultate, weil mit denselben in feinster Vertheilung quarzige und feldspathige Substanzen innigst vermengt sind. Daher gelingt es in den seltensten Fällen die scheinbar reine Sericitsubstanz durch kochende Schwefelsäure vollständig zu zersetzen, wie es doch gemäss der Natur des Sericites sein sollte. Es bleibt bei dieser Behandlung meist ein feldspathig quarziger Rest im Rückstande. Doch dürfte in der Zersetzbarkeit der Sericitsubstanz durch concentrirte kochende Schwefelsäure entgegen der Annahme List's, welcher angiebt, dass Sericit durch Schwelsäure nicht zersetzt werde das bequemste Hilfsmittel geboten sein, die Theilanalyse für unsere Zwecke nutzbar zu machen, einen Weg, den ich nach langen Versuchen als den besten erprobt habe. Indem man nämlich, so weit dies immer thunlich ist, die Sericitschüppchen von allen sichtbaren Nebenbestandtheilen reinigt, dann in concentrirter Schwefelsäure längere Zeit in der Wärme behandelt, erhält man eine vollständige Zersetzung des wirklichen Sericitantheils, freilich bei einer Vermengung mit feldspathigen Substanzen zugleich auch eine im Ganzen geringe Zersetzung der letzteren. Auf diese Weise gewinnt man, so verschieden auch das äussere Ansehen der sericitischen Masse sein mag, vergleichbare Ergebnisse. Bei gleichzeitiger Anwesenheit von in Salzsäure zersetzbaren, chloritischen Theilchen und Karbonaten ist zu empfehlen vor der Behandlung mit Schwefelsäure zuerst Chlorwasserstoffsäure in Anwendung zu bringen.

Die auf den folgenden Seiten mitgetheilten, meistentheils von Herrn Assistent A. Schwager ausgeführten Analysen werden dazu dienen, einen Ueberblick über die Phyllitgneisse der verschiedenen Verbreitungsgebiete und die Uebereinstimmung ihrer Sericitbestandtheile zu geben.

Vergleicht man in dieser keineswegs noch erschöpfenden Reihe von Analysen die Angaben unter 1, 2, 3, 5, 8, 10, 14, 16, 19, 23, so wird man kaum verkennen, dass diesen eine mineralogisch gleich zu stellende Substanz zu Grunde liegt. Es ist dies eben die Sericitsubstanz, während die Analysen des anscheinend reinen Sericits mit Anwendung der Schmelzung mit Natriumcarbonat und der Zersetzung durch Flusssäure, wie die Analysen unter 9, 18, 21 zeigen, nur sehr annähernde Vergleichswerthe geben und gewöhnlich einen zu hohen Kieselsäuregehalt liefern.

Die bisher vorgenommenen Analysen reichen allerdings noch nicht hin, um über diese Substanz vollständig in's Klare zu kommen, doch genügen sie, um auf das ausserordentliche Interesse aufmerksam zu machen, welches sich an diesen ungeahnt weit verbreiteten Gesteinsgemengtheil knüpft, indem sie dessen wahrscheinliche Identität von den verschiedensten Fundstellen jetzt schon vermuthen lassen. Man kann heute bereits sagen, dass diese Substanz zu denjenigen wesentlichen Gemengtheilen vieler krystallinischer Schiefer gezählt werden muss, welche durch die Häufigkeit des Vorkommens und die weite Verbreitung in geologischer Beziehung sehr in den Vordergrund treten und auch von den Mineralogen nicht bei Seite geschoben werden dürfen. Man kann ja in letzterer Richtung verschiedener Ansicht sein, wie dies bezüglich vieler nicht deutlich auskrystallisirter Mineralkörper der Fall ist, ob nämlich dieser Substanz eine mineralogische selbständige Stellung zukömmt oder ob sie nur als eine Varietät des Glimmers zu betrachten ist. Für den Geologen, der die Sericit-führenden Gesteine in der Natur an zahlreichen Fundstellen beobachtet hat, wird es keinen Augenblick zweifelhaft sein, dass im Sericit, wenn er auch die Stelle und Rolle des Glimmers übernimmt, doch ein eigenthümliches und selbstständiges geologisches Gesteinselement vorliegt. Ich bin übrigens im Zusammen-

Fundstellen	Kieselsäure	Titansäure	Thonerde
1. **List**, Analyse des Sericits von Naurod bei Wiesbaden	**49,00**	**1,69**	**23,65** Dazu
2. **Lossen's** theoretische Zusammensetzung	**51,48**	—	**25,06**
3. Von der **Marck** Sericit von Hallgarten in Nassau	**51,61**	—	**29,49**
4. Sericit- oder Phyllitgneiss von Hallgarten in Nassau, Bauschanalyse	77,52	—	14,28
5. Daraus Sericit mit Schwefelsäure zersetzt 8,44%	**49,18**	—	**29,66**
6. Rest erst mit verdünnter Flusssäure behandelt, zersetzt 59,88%	69,08	—	19,89
7. Letzter Rest 32,68%	100,00	—	Sp.
8. Sericit von Naurod, nach **Sandberger** dem List'schen Sericit ganz ähnlich 82,12%	**49,53**	—	**28,97**
9. Helvetan aus gneissartigem Quarzit von Niederen Alp nach Simmler	67,07	—	13,05
10. Aus **Theobald** typischen Casannaschiefer vom Casannapass, in Schwefelsäure zersetzbare Theil des Sericits . . 42,2%	**49,90**	—	**28,28**
11. **Rest** unzersetzter Substanz . . 57,8%	68,23	—	17,75
12. Phyllitgneiss aus den Graubündner Alpen bei Bergün, Bauschanalyse	73,14	—	13,05
13. Ausgesuchten Sericit desselben mit Salzsäure kurze Zeit behandelt . . 6,7%	22,38	—	9,26
14. Dieselbe Substanz weiter durch Schwefelsäure zersetzt 12,2%	**50,81**	—	**29,50**

Eisenoxyd	Eisenoxydul	Mangan-oxydul	Kalkerde	Bittererde	Kali	Natron	Wasser und Glühverlust	Summe
—	8,07	—	0,63	0,93	9,11	1,75	3,44	100,27
Fluorsilicium = 1,69 Phosphorsäure = 0,31								
—	8,77	—	—	—	11,45	—	3,29	100,00
2,22	1,08	0,56	—	0,87	9,22	0,61	3,95	99,61
0,72	1,76	—	0,60	0,72	3,30	0,18	1,40	100,48
5,64	—	—	0,71	0,90	10,04	2,17	2,26	100,66
3,39	—	—	0,89	0,91	4,17	Spur	2,03	100,06
Sp.	—	—	Sp.	Sp.	Sp.	—	—	100,00
7,26	—	—	0,14	2,46	7,48	0,12	4,97	100,88
—	4,43	—	2,38	2,18	7,37	1,69	1,85	100,02
2,16	2,23	—	0,23	1,66	9,76	0,21	5,78	100,16
3,15	—	—	0,32	1,86	7,22	1,34	1,02	100,90
—	2,50	—	1,34	1,94	4,11	0,22	4,06	100,39
—	16,92	—	15,82	9,64	6,41	—	19,83	99,83
—	3,68	—	0,91	2,06	11,53	0,71	0,69	100,16

Fundstellen	Kieselsäure	Tetansäure	Thonerde
15. Resttheil der Analyse 14 . . . 81,1%	81,38	—	11,89
16. Aus Phyllitgneiss von Glaris ausgesuchter Sericit mit Schwefelsäure behandelt, zersetzter Theil 39,5%	**48,90**	—	**27,15**
17. Rest unzersetzt 60,5%	68,21	—	17,68
18. Ausgesuchter Sericit aus dem Phyllitgneiss von Fiume nero, Bauschanalyse .	58,44	—	24,84
19. Dieselbe Substanz mit Schwefelsäure behandelt, zersetzt 47,68%	**50,76**	—	**29,75**
20. Rest dieser zersetzten Masse . 52,32%	65,44	—	20,30
21. Ausgesuchter Sericit aus dem Phyllitgneiss des Fürstensteins im Fichtelgebirge, Bauschanalyse	55,51	—	26,23
22. Ausgesuchter Sericit aus dem Phyllitgneiss von Dürrberg im Fichtelgebirg, Bauschanalyse	55,80	—	27,72
23. Ausgesuchter Sericit aus dem Sericitgneiss bei Goldkronach im Fichtelgebirge mit Schwefelsäure zersetzt 47%	**45,88**	—	**33,96**

halt aller chemischen und physikalischen Eigenschaften der Ansicht, dass der Sericit auch mineralogisch eine zureichend grosse Eigenartigkeit besitzt, um ihn als sog. eigene Species zu betrachten.

Was nun die Natur und Entstehung dieses Sericits anlangt, so wird derselbe vielfach als ein Umwandlungsprodukt aus Glimmer oder auch aus Feldspath angesehen. Ich kann nach der Untersuchung sehr zahlreicher Gesteinsproben, welche dieses Mineral enthalten, besonders in zur Schichtung

Eisenoxyd	Eisenoxydul	Mangan-oxydul	Kalkerde	Bittererde	Kali	Natron	Wasser und Glühverlust	Summe
—	1,10	—	0,09	1,30	2,96	0,17	1,86	100,75
2,89	**2,44**	—	**0,21**	**2,37**	**9,15**	**0,64**	**6,22**	**99,97**
3,75	—	—	0,29	1,74	7,54	0,82	0,82	100,85
4,04	—	Spur	0,44	1,92	6,70	1,27	3,40	101,13
3,87	—	—	**0,28**	**2,50**	**7,78**	**0,64**	**5,72**	**101,28**
3,24	—	—	0,65	1,42	5,71	1,84	1,24	99,84
3,81	—	—	0,52	0,83	4,41	4,00	4,31	99,62
3,07	—	—	0,14	0,53	5,62	1,51	4,03	98,42
4,57	—	—	**0,22**	**0,83**	**9,32**	**0,52**	**4,98**	**100,26**

quergenommenen Dünnschliffen, die weit lehrreicher, als die Paralleldünnschliffe sind, damit nicht übereinstimmen, erachte vielmehr den Sericit eher für eine Masse, aus der sich unter günstigem Verhältnisse Glimmer bilden konnte und gebildet hat. Von einer Entstehung aus Feldspath an Ort und Stelle kann schon erst nicht die Rede sein; dagegen spricht schon die ganze Art, wie die Sericitschüppchen in dem Gestein eingebettet vorkommen. Man betrachte einen einzigen Querdünnschliff und man wird hiervon sich leicht

überzeugen können. Ob die Massen des Sericit aus zerriebenen Feldspath abstammen, das ist eine andere Frage, die mir aber unbestimmbar und hier unwesentlich und höchst unwahrscheinlich scheint. Ich halte den Sericit für eine primitive Bildung, so ursprünglich, wie die Quarz- und Feldspaththeile und Streifchen, denen er gleichwerthig beigesellt ist. Man muss die ganze grosse Reihe der sog. Thonschieferbildungen älterer Art in ihrem chemischen und physikalischen Verhalten mit einander vergleichen und prüfen, um in ihnen gleichsam eine stufenmässige Entwicklung von der minder krystallinischen zu der gesteigerten krystallinischen Ausbildung wahrzunehmen. Namentlich sind es die mehr erdigen und mehr glimmerig glänzenden Phyllite, welche einer Seits auch nach ihrer lithologischen Beschaffenheit eine Verbindung vermitteln hinüber zu den cambrischen Thonschiefer und anderer Seits ganz allmählig in Glimmerschiefer verlaufen. Hierbei lässt sich bei vielen Schieferarten eine Substanz als Gemengtheil verfolgen, welche gleichsam der Träger des glimmerigen Elementes ist und dasselbe in verschiedenen Stadien der Entwicklung repräsentirt. Als eine solche Facies dieser Reihe fasse ich von genetischem Standpunkte auch den Sericit auf, der uns die Brücke bauen hilft für das Verständniss der Entstehung der krystallinischen Schiefer. Man vergleiche in dieser Beziehung die Textur der verschiedenen Thonschiefer von den versteinerungs-führenden an rückwärts — immer in den Querdünnschliffen — bis zu den Phylliten, Glimmerschiefer- und Gneissbildungen, wie solche mir jetzt aus der Untersuchung des Fichtelgebirgsgebiets und auch aus andern Gegenden zu Hunderten vorliegen und man wird eine erstaunliche Fülle von Analogien entdecken, welche die oben ausgesprochene Ansicht nicht als eine unbegründete erscheinen lassen werden.

Soweit die vielfach abändernden Sericitgesteine

zur Zeit bekannt sind, lassen sie sich etwa in folgende Gruppen theilen:

1) Sericitphyllit, glimmerig glänzender Phyllit wesentlich aus Sericit[17]), in Salzsäure leicht zersetzbar chloritischem Bestandtheil und aus Quarz zusammengesetzt z. B. von Lauterbach, Lindenhammer etc.

2) Sericitquarzit, meist knotig flasrige Quarzite mit Sericitzwischenlagen und häufig mit Ausscheidungen von Quarzkörnchen z. B. von Christophsrod bei Wiesbaden Hallgarten etc.

3) Sericitgneiss oder Phyllitgneiss, dem vorigen ähnlich, aber wesentlich noch bereichert durch Feldspathbeimengungen, die häufig gleichfalls in Körnchen und Linsen ausgebildet sind, (Augengneiss). z. B. Fichtelgebirge Goldkronach, Redwitz, im ostbayerischen Grenzgebirge bei Waldsassen, in den Alpen.

4) Porphyrartiges Sericitgestein mit anscheinend dichter felsitähnlicher Grundmasse der Bestandtheile des Sericitgneisses und porphyrartig eingestreuten Ausscheidungen von Quarz und Feldspath (Porphyroid). Das Gestein ist häufig flasrig wellig geschichtet z. B. aus dem Harz, Thüringer Wald.

---

17) Soeben vor dem Druck dieser Zeilen erhalte ich durch die Gefälligkeit des Verfassers Herrn Laspeyres eine Abhandlung über Sericit (Z. für Kryst. IV. 3. 1879 S. 244), deren anregender, reicher Inhalt ich leider nicht mehr verwerthen konnte. Ich füge desshalb hier noch die Analyse desselben Sericits von Hallgarten an, von dem 2 Analysen vorn mitgetheilt sind. Bei 105° getrocknete reine Substanz gab $SiO_2=45{,}361$; $Al_2O_3=32{,}919$; $F_2O_3=2{,}048$; $FO=1{,}762$; $CaO=0{,}494$; $MgO=0{,}895$; $Ka_2O=11{,}671$; $Na_2O=0{,}724$; $H_2O=4{,}126$ zus. $= 100{,}000$. L. kommt zu dem Schluss, dass der Sericit genau die chem. Zusammensetzung des Kaliglimmers besitze und nur als dichter Kaliglimmer anzusehen sei; er lässt denselben durch Umwandlung aus feinem Feldspathschlich, ähnlich dem Pinitoid, entstehen. Man sieht hieraus, dass diese Resultate mit meinen Untersuchungen nicht übereinstimmen.

5) Sericitflint, anscheinend dichte, aphanitische Vermengung von Sericit, Feldspath und Quarz in einem mehr oder wenig deutlich geschichteten Hälleflintähnlichen Gestein, auf dessen Schichtflächen Sericitblättchen sichtbar werden. Durch Ausscheidung von Quarz- und Feldspathkörnchen entstehen Uebergänge in das porphyrartige Sericitgestein. (Euritschiefer z. Th. Felsitschiefer u. s. w.); z. B. von Val Fiume nero, vom Pfaffenkopf bei Treseburg am Harz (Sericit-Adinol Schiefer. Lossen's.)

Kehren wir zu dem Profile des Fiume nero Thales zurück, so finden wir oberhalb Val Secca durchweg die Schichten des glimmerigen, Phyllits und der reichen Phyllytgneisseinlagerungen mit NW. Einfallen. Diese Gesteine scheinen ununterbrochen bis zu den höchsten Spitzen der Berge zwischen P. del Diavalo und Mt. Redorta fortzusetzen. Die in dem Hauptthale auch noch an höhern Stellen liegenden Fragmente grauer Sandsteine und Conglomerate stammen von Seitenhöhen und beweisen, dass hier die Collioschichten ziemlich grosse Ausbreitung gewinnen. Auch Rollstücke typischer Porphyre wurden bemerkt; dagegen fehlen hier alle Andeutungen des Vorkommens von rothem Sandstein und Seisser Schichten.

Vom Dorfe Fiume nero im Hauptthale aufwärts gegen Bandione stehen an den kahlen Gehängen ganz dieselben grauen Gesteine an, wie im Fiume nero Thale; es sind die Bildungen von Collio und Valle di Freg. Sie legen sich bei Bandione an dem Steilgehänge gegen Lizzola deutlich an den Phyllit an, der in der Umgegend von Lizzola mehrfach zu Tag tritt, oberhalb Lizzola in der Richtung zum Ca di Manina aber von einer Verwerfungsspalte abgeschnitten wird, so dass hier schwarzer plattiger Ortler-Kalk unmittelbar neben Phyllit auftaucht. Es ist dies derselbe schwarze Kalk, der zur Passhöhe ansteigend, hier auf Rauhwacke

auflagernd in SO.-Richtung zum Dezzo-Thale streicht und dort an die Muschelkalkschichten sich anschliesst.

Der Weg auf der Passhöhe schneidet, ähnlich wie am Zovettopass, in Rauhwacke ein. Gleich daneben tauchen auch die Campiler- und Seisserschichten auf und ein lebhaft betriebener Bergbau bekundet auch hier den Reichthum an Eisenerzflötzen. Gewöhnlich kommen hier manganhaltige, stark verwitterte Spatheisensteine vor, bemerkenswerth sind aber noch insbesondere die spathigen, Pentacrinitenstiele umschliessende Bänke, welche Flasern und Putzen von Eisenglimmer in sich schliessen. Es erinnert dies, wie schon bemerkt wurde, aufs Lebhafteste an eine ähnliche Erscheinung bei Berchtesgaden, wo Eisenglimmer in den Werfener Schichten einbricht.

In sehr tiefer Lage dieser Gesteinsreihe oberhalb Nona fand ich im grünlichgrauen, sandigen Mergelschiefer zahlreiche Exemplare von *Myophoria costata* und in den grossen Plattenbrüchen unterhalb Nona neben dem Wege zur Ponte di Gleno in gleichen Schichten *Myophoria costata*, *Naticella costata*, *Ammonites Cassianus* in z. Th. verkiesten oder mit einem chloritischen Ueberzug versehenen Schalen. Die hangenden Lagen dieser grossen Brüche nehmen eine röthliche Farbe an, werden ärmer an Versteinerungen, dagegen zeigen sich ihre Schichtflächen dicht bedeckt von Wülsten, Kriechspuren, Wellenfurchen u. dergleichen Unebenheiten. Wir stehen hier tief im Liegenden der Seisser Schichten, welche an dem nahen Zusammenflusse des Nonabaches mit den Hauptbache des Val di Gleno in schöner Entblössung unmittelbar auf rothem Sandstein aufruhen. Die Schichten beider Gesteinsreihen fallen mit 50—65° nach SW. ein. Wir haben hier sicher wieder den rothen Grödener Sandstein, dessen Zusammenhang mit den Collioschichten wir nun aufwärts in Val di Gleno — Ein

schnitt, der die Schichten nahe rechtwinkelig durchquert, verfolgen.

Wir steigen von der Gleno-Brücke über die querstreichenden und vorwärts nach SW. einfallenden Schichtenköpfe thalaufwärts zu immer liegenderen Bänken von rothen Sandsteinen und hellen Conglomeraten bis in die Nähe des Wasserfalls, wo grobe Conglomerate mit Rollstücken von rothem Porphyr und von Quarz sich einstellen empor. Eine auffallend weisse Sandsteinbank mit zahlreichen, rostfarbigen Putzen bilden ungefähr die Grenze zwischen den hangenden Bänken der Grödener Schichten und den nun im Liegenden folgenden, conform unter ungefähr 60° einschliessenden Schichten des sog. Rothliegenden mit den verschiedenen Gesteinslagen, wie wir solche soeben bei Fiume nero kennen gelernt habe. Eigenthümlich ist diesen Schichten eine ausgezeichnete fast senkrecht zur Schichtung gehende Schieferung. In Bezug auf Gesteinsentwicklung bemerken wir hier das Vorwalten einer schmutzig röthlichen und grauen Färbung. Diese Schichten reichen in ansehnlicher Höhe an den Gehängen der Berge empor, wo sie sich an den glimmerigen Phyllit des Mt. Gleno anlehnen.

Kehren wir zur Glenobrücke zurück, so können wir von einer Reihe von Steinbrüchen aus, welche in den abgerundeten Vorbergen auf denselben dünnspaltenden Dachschiefer-artigen Platten der Seisser Schichten mit *Myophoria costata*, wie bei Nona, im Betrieb stehen, die Grenzregion gegen den unterlagernden rothen Sandstein auf das genaueste Schicht für Schicht untersuchen. Besonders günstig hiefür ist Val Venero colina und eine Seitenschlucht bei Ronco unfern Schilpario, wo zwar die Schichten erst nach NO. einfallen, dann aber muldenförmig umbiegend ein normales SW. Einschliessen einnehmen. Wir finden auch hier, dass die durch die Steinbrüche aufgeschlossenen und ausgebeuteten Plattenmergel mit *Myophoria costata* zu der liegendsten

Reihe der Seisserschichten gehören, unter welchen zunächst d o l o m i t i s c h - e i s e n s p a t h i g e, stark rostfarbig verwitternde Gesteine in einer Mächtigkeit von nur 3—5 m sich einstellen. Unmittelbar darunter folgt dann die e r s t e, sehr kieselreiche, von Quarzadern durchflaserte, blassrothe Sandsteinbank und dann sofort die ganze grosse Reihe der rothen Sandsteine und Conglomerate der Grödener Schichten.

Es fragt sich nun, dürfen wir diese dolomitischen Grenzschichten, der wir übrigens, auch im Gebiete von Bagolino und Collio begegnet sind, eine grössere Bedeutung zumessen, und etwa für eine Stellvertretung der Bellerophonkalke, die allerdings auf gleichem geologischem Horizonte lagern, ansehen? Hiefür liegt kein anderer Grund vor, als etwa die dolomitische Beschaffenheit des Gesteins und dies dürfte denn doch nicht genügen, um damit eine so schwerwiegende Parallele zu begründen.

Aehnlichen Lagerungsverhältnissen begegnet man auch im Venerocolina-Haupthale. Hier heben sich höher thalaufwärts unter dem Complex der rothen Sandsteine und Conglomerate die grauen und schwarzen, oder schmutzig röthlich grauen Gesteine in gleichförmiger Unterlagerung hervor, die ganz unzweifelhaft den Collio- oder sog. Rothliegenden Schichten entsprechen. Sie gewinnen jedoch hier keine grosse Mächtigkeit, weil die rothen Sandsteinschichten noch einmal in einem grossen Sattel sich umbiegen und mit widersinnigem NW. Einfallen aufs neue zur Thalsohle herab sich einsenken, wo sie in dem grossen Kahr unterhalb des Passes dessen ganze Breite einnehmen. Es stehen zwar an dem Passsteig nahe der Hütten Stallo di Venericollo noch einmal dünnplattige, graue Sandschiefer an, welche der älteren Reihe angehören. Ihre Erstreckung ist aber sehr gering, indem sich sofort höher gegen den Pass-Uebergang[18])

18) Ein plötzlich eingetretener Gewitterregen, der bis zum Abend

zu Phyllit aus dem Untergrunde heraushebt, welcher dann ohne Unterbrechung nur mit Gneiss-artigen und quarzitischen Zwischenlagen wechselnd bis zur Passhöhe und von dieser an nordwärts durch das ganze Valle di Beloiso anhält.

Die Hauptergebnisse dieser nur flüchtigen Wanderung durch den östlichen Theil der Bergamasker Alpen lässt sich endlich etwa in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1) Das durch Suess näher bekannt gewordene Schichtensystem mit Pflanzenresten des Rothliegenden — grünlich graue, grauwackenartige Sandsteine, graue Conglomerate und schwarze plattige, Pflanzenreste-führende Sandsteinschiefer — ist nicht ident mit den Pflanzenführenden Sandsteinlagen von Neumarkt und Recoaro.
2) Derselbe Schichtencomplex dieser älteren Gesteine — der Kürze halber Collioschichten — zeigt sich schon vertreten in der Naifschlucht bei Meran und in zahlreichen zwischen Porphyr eingeklemmten Fetzen bei Botzen.
3) Die Collioschichten schliessen sich zwar an allen Punkten, wo sie mit dem rothen Sandstein und Conglomerate (Grödener Schichten) unmittelbar zusammenstossen in gleichförmiger Unterlagerung an diese an. Aber es giebt sehr viele Punkte, wo in nächster Nähe die Grödener Schichten in ganz selbstständiger Entwicklung auftreten und unmittelbar über Phyllit das System jüngerer Schichten eröffnen. Diese Selbstständigkeit der Entwicklung spricht zu Gunsten einer Zutheilung beider Ablagerungen zu verschiedenen Formationen und gegen die Zuweisung der Grödener Schichten zu dem Rothliegenden (Zechstein).
4) Demzufolge können auch im Zusammenhalte mit dem

anhielt, verhinderte grade an der Passhöhe eingehendere Untersuchungen anzustellen.

überwiegenden Triascharakter der Neumarkter Flora die Grödener Schichten nur als Glieder der ältesten Trias angesehen werden.

5) Damit in voller Uebereinstimmung steht die Thatsache dass die Seisser Schichten mit *Myophoria costata* unmittelbar auf der obersten Bank des rothen Sandsteins aufliegen und dass also, da diese Lage dem mitteldeutschen Röth entspricht, im Falle man die Grödener Sandsteine als Repräsentanten der Dyas ansehen würde, dazwischen absolut kein Raum für eigentlichen Buntsandstein wäre.

6) Die typischen Bellerophonkalke setzen in die Westalpen nicht hinüber; die an der Grenze zwischen rothen Sandstein und Seisser Schichten bemerkbaren dolomitischen Lagen können mit einiger Sicherheit nicht für Stellvertreter gelten.

7) Die oft Gyps-führende Rauhwacke nimmt ein constantes Niveau zwischen den Campiler-Seisser Schichten und dem Brachiopodenkalk des Muschelkalkes ein.

8) In den Westalpen entwickelt sich zwischen dieser gypsführenden Rauhwacke und der genannten Brachiopodenbank des Muschelkalks noch ein ungemein mächtiges System schwarzer, weissgesprengelter, versteinerungsarmer, plattiger Kalke oder dolomitischer Kalke, die etwa den sog. Guttensteiner Kalken entsprechen und in den Ortler- und Graubündner Alpen eine dominirende Stellung gewinnen — Ortler-Kalke.

9) Die Schichtenentwicklung von der Muschelkalkbrachiopodenbank aufwärts bis zu den räthischen Schichten steht in den Bergamasker Alpen in naher Uebereinstimmung mit der südtiroler Ausbildung. Es entsprechen die Hornsteinknollenlagen den Buchensteiner Schichten, die Halobienschiefer den

Wengener Schichten, die Esinokalk- und Dolomite dem Schlerndolomit (Wettersteinkalk), die Schichten von Gorno und Dossena den Raibler Schichten und die Dolomite mit *Turbo solitarius*, *Avicula exilis*, *Megalodon triqueter*, *Dicerocardium Jani* und *Gyroporella vesiculifera* dem Hauptdolomit.

10) Unter den Gesteinen der älteren krystallinischen Schiefer spielt eine Form von Gneiss — der sog. Phyllitgneiss, Casanna-Schiefer Theobalds z. Th., — eine hervorragende Rolle und bildet ein wesentliches Glied der Phyllitformation in den Alpen.

Herr Dr. C. W. Gümbel spricht:

„Ueber die mit einer Flüssigkeit erfüllten Chalcedonmandeln (Enhydros) von Uruguay."

Die schon im Alterthume bekannten und berühmten Wasserachate oder Enhydros, welche bereits Plinius beschreibt, indem er (XXXVII. 73) anführt: „Semper rotundatis obsolutae in candore est laevis, sed ad motum fluctuat intus in ea veluti in ovis liquor" stammten aus den Monti Berici bei Vicenza. Auch der Dichter Claudius (390 n. Ch.) widmete diesen Naturseltenheiten mehrere seiner Epigramme. Denn derartige geschliefene Steine mit beweglicher Gasblase waren damals in Rom sehr geschätzt und wurden zu den Edelsteinen gerechnet.

Diese Enhydros gehören zu den bekannten sog. Achatmandeln, welche mehr oder weniger dicke Ueberrindungen oder Schalenbildungen und Ausfüllungen von Blasenräumen eruptiver Gesteine aus verschiedenen Varietäten von Quarz, sog. Chalcedon und Achat, darstellen. Die Achatmandeln sind häufig in der Mitte hohl und in diesem Falle auch meist mit nach Innen vorstehenden mehr oder weniger ausgebildeten Quarzkrystallen, wohl auch mit Kalkspath, Zeolith und Grünerde überkleidet, oft selbst mit einer ockerigen, manganhaltigen Substanz versehen. Bei den Enhydros kommt dazu, dass der übrig bleibende Hohlraum mit einer Flüssigkeit und in der Regel mit einer Gasblase erfüllt ist, die sich stellenweis

durch die durchscheinende Chalcedonwandung deutlich wahrnehmen lässt. Solche Enhydros galten von jeher als die grössten Seltenheiten in den Mineraliensammlungen. Ihr Vorkommen war fast in Vergessenheit gerathen, als Fortis (Mém. pour servis a l'histoire natur. de 'Italie 1802 T. I. p. 52 und ff.) sie gleichsam wieder entdeckte und vom Monte Tondo und von Maïn des Mt. Galda bei Vicenza unter der Bezeichnung Achatenhydres beschrieb. Er bemerkt hierüber, dass solche Chalcedongeoden mit Wassereinschlüssen an dem zuerst genannten Orte sich häufig genug vorfänden, dass aber der Besitzer von Grund und Boden die Erlaubniss nach ihnen zu graben verweigere. Im Ganzen scheinen diese Enhydros wenig beachten geblieben zu sein und erst bei Humphry Davy finden wir eine nähere Angabe über die Beschaffenheit der eingeschlossenen Flüssigkeiten und Gase in diesen Wasserachaten von Vicenza. Es erwähnt zwar auch Bischof (Lehrb. d. chem. u. phys. Geologie 2. Aufl. Bd. III S. 632) das Vorkommen von mit Wasser erfüllten Achatmandeln bei Oberstein und von anderen Orten, geht aber nicht näher auf die Beschaffenheit dieses eingeschlossenen Wassers ein und ebenso berührt er nur flüchtig (a. a. O. Bd. II S. 855 u. ffd.), dass nach Silleman eine milchige Flüssigkeit, womit Chalcedonmandeln erfüllt waren, beim Verdunsten an der Luft kleine farblose 1 ½ Linien lange Quarzkrystalle abgesetzt hätten.

Es traten in neuester Zeit die schon von Davy und Brewster begonnenen Untersuchungen der in mikroscopisch kleinen Hohlräumchen enthaltenen Flüssigkeiten krystallisirter Mineralien, hauptsächlich des Quarzes mehr in den Vordergrund, wobei sich aus den vortrefflichen Beobachtungen Sorby's, Vogelsang's und Anderer ergab, dass

1) Sur l'état où se trouve l'eau et les matières aériformes dans les cavités des certains cristaus. Annales de chimie et de physique T. XXI. 1822 p. 132 et seq.

die in Krystallen eingeschlossenen Flüssigkeiten meist aus Wasser, oder doch vorwaltend aus Wasser mit einem Gehalt an verschiedenen Salzen (Chlornatrium, Chlorkalium, Sulphate von Kali, Natron, Kalkerde etc.) und Gasen (Kohlensäure) oder aber aus mehr oder weniger reiner, zu einer Flüssigkeit condensirten Kohlensäure bestehen.

Erst die reiche Vorlage von mit einer Flüssigkeit erfüllten Chalcedonmandeln auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1878, welche von der Regierung Uruguay's aus der Provinz Salto gesendet worden waren, lenkte die Aufmerksamkeit wieder mehr auf diesen Gegenstand zurück. Dadurch dass die Achatindustrie von Oberstein und Idar jetzt nicht mehr oder selten in der Nähe dieser Orte gewonnene Achate, sondern grösstentheils solche aus Südamerika bezogene Steine verarbeitet, begünstigte die Gelegenheit, mich in den Besitz einiger solcher amerikanischer Enhydros zu setzen, welche genau dieselbe Beschaffenheit besitzen, wie jene Exemplare, welche in der Novembersitzung der Herr Geh.-Rath Dr. v. Pettenkofer als Geschenk des Herrn Dr. Günther, der Chemikers Fleischextractfabrik in Fray Bentos der Akademie vorgelegt hat. Der Fundort der von mir untersuchten Enhydros ist unzweifelhalt der nämliche, wie jener nach der Angabe des Herrn Dr. Günther, nämlich bei Catalan, 30 Leguas NO. von der Stadt Salto in Uruguay, wo sich die grossen Achatgruben des Herrn Schuch befinden. Das von mir zur näheren Untersuchung verwendete grössere Exemplar von flachlinsenförmiger Gestalt liess an einzelnen dünnwandigen Stellen der durchscheinenden Chalcedonschale sehr deutlich eine mässig grosse Gasblase erkennen, welche sich bei dem Umwenden des Steins, einer Libelle gleich, lebhaft bewegte und die Anwesenheit einer ansehnlichen Menge von Flüssigkeit in dem Hohlraume verrieth.

Eine Reihe hochinteressanter geologischer Fragen schien

sich mir mit dieser Erscheinung zu verknüpfen. Zunächst war es wichtig festzustellen, sowohl aus welcher Gasart die Libelle besteht, als auch ob dieselbe eine geringere oder höhere Spannung besitze. Es durfte bei den verschiedenen Möglichkeiten der Zusammensetzung der eingeschlossenen Flüssigkeit wohl auch an einen hohen Gehalt an Kohlensäure und an Salzlösungen verschiedener Art, vielleicht selbst an Kieselsäure gedacht werden. Es lag die Frage nahe, ob die eingeschlossene Flüssigkeit etwa vielleicht gleichsam als die Mutterlauge, aus der sich die Quarzmasse der Mandel ausgeschieden habe[1]), anzusehen sei.

Die mechanische Vorrichtung, welche für diese Untersuchungen nothwendig waren, verdanke ich der ausnehmenden Gefälligkeit von Herrn Professor Bauschinger, für dessen freundliche Unterstützung ich hier den besten Dank auszusprechen gerne Veranlassung nehme.

Was zunächst das Aeussere der von mir untersuchten Chalcedonmandel anbelangt. so liess der flacheiförmige Stein bei einer grössten Länge von 53 mm. einer grössten Breite von 44 mm. und einer grössten Dicke von 22 mm. im Gewicht von 51,361 gr. auf der einen Flachseite eine ziemlich glatte Wölbung wahrnehmen, während die andere Seite aus einer Anzahl von warzen- oder fladenförmigen, unregelmässig concentrischen Chalcedon-Wülste zusammengesetzt erscheint. Diese Wülste deuten unzweifelhaft die einzelnen Stellen an, wo die sich absetzende Quarzsubstanz in den vorhandenen Mandelhohlraum eingeführt wurde. Oft ziemlich hochgewölbt bestehen diese Wülste, welche den harz- oder gummiartigen Ausschwitzungen mancher Bäume nicht unähnlich sind, aus verschiedenen nach und nach gebildeten Lagen, welche in unregelmässig

1) Diese kurze Mittheilung will nur als eine vorläufige angesehen werden, da es bis jetzt an Material fehlt, weitere exaktere Untersuchungen anstellen zu können.

concentrischen, ringförmigen und oft gekröseartig gelappten Absätzen terrassenförmig sich aneinander anschliessen. Die Aehnlichkeit mit den bekannten Kieselringen mancher in Quarzsubstanz übergegangener Muschelschalen ist unverkennbar. Es sind dies Erscheinungen in Folge der Infiltration der aus einer Lösung sich absetzenden Kieselsubstanz. Indem sich nun Wulst an Wulst anschloss, entstand im Innern des Blasenraumes irgend eines Eruptivgesteins nach und nach eine zusammenhängende Wand und eine oft völlig geschlossene Mandel mit grubigen Vertiefungen zwischen den fladenförmigen Warzen. Die untere glatte Wand von Kieselsubstanz scheint Stalagmiten-artig entstanden zu sein. Doch giebt es auch namentlich kleinere, nach allen Seiten hin gleichmässig warzige Mandeln, bei welchen der formgebende Blasenraum seiner Längenausdehnung nach wahrscheinlich mehr oder weniger senkrecht im Gestein gestellt war.

Die Substanz der Mandelwände ist Chalcedon d. h. anscheinend dichte, im polarisirten Lichte in bunten Aggregatfarben sich zeigende Quarzsubstanz, welche ohne Wasser zu enthalten theilweise in Kalilauge sich löst. Meine Versuche ergaben, dass bei anhaltendem Kochen des mittelfeinen Pulvers der äusseren Rinde in concentrirter Kalilauge nur 3,7% in Lösung gingen. Die Chalcedonwand ist durchscheinend genug, um die Gasblase deutlich zu sehen, aber doch nicht zureichend durchsichtig, um ihre Grenze genau fest stellen zu können. Nach Innen wechseln hellere und milchigtrübe, concentrische Lagen mit einander und endlich geht diese Rindenschale in reine Quarzsubstanz über, welche in stark glänzenden prächtigen Krystallspitzen in den Hohlraum vorragt. Die meisten dieser schönen Quarzkrystalle sind wasserhell, einzelne gelblich oder rauchgrau; ein staubiger Ueberzug über den Krystallen wurde an den entleerten Mandeln nirgend bemerkt. Doch bestehen die meisten Steine

nicht blos aus Quarzsubstanz. Man bemerkt auf der Oberfläche hier und da auch Kalkspaththeile, die in wasserhellen rhomboëdrischen Krystallen gleichsam zwischen und in den Chalcedonwülsten eingewachsen sind. Im Innern der Mandeln sah ich keinen Kalksptath.

Vorversuche hatten gelehrt, dass die Gasblase beim Erwärmen des ganzen Steins selbst bis auf 100° C. sich nicht wesentlich in ihren Dimensionen änderte, so weit sich dies durch die nur durchscheinende Chaledonwand bemessen liess.

Eine höhere Temperatur anzuwenden schien nicht räthlich, nun sich nicht der Gefahr auszusetzen, durch ein Platzen der Wandung der Möglichkeit, andere Versuche anzustellen, beraubt zu werden. Hatte doch ein anderer Versuch an einem zum Glück nur kleinen Enhydros bereits Lehrgeld gefordert. Beim Erkalten desselben bis etwa — 6° C. war die Flüssigkeit im Innern gefroren. Denn die Libelle blieb unverrückbar bei jeder Wendung des Steins an der gleichen Stelle. Bei näherer Betrachtung zeigte sich aber auch an einer Stelle der Oberfläche eine kleine Eiskruste, die nur von aus dem Innern ausgetretener Flüssigkeit abstammen konnte. Diese Eiskruste zerschmolz genau bei 0° C. zu einer wässrigen Flüssigkeit, die keine anderen Eigenschaften, als die des Wassers zu erkennen gab. Bei näherer Besichtigung fand sich ein früher nicht vorhandener feiner Riss in der Wand, durch welche die Flüssigkeit bei dem Gefrieren des Wassers im Innern herausgepresst worden war. Dieser Verlust der inneren Flüssigkeit wurde auch unzweideutig durch die auffallende Vergrösserung der Libelle nach dem Wiederaufthauen bestätigt. Doch war durch diesen unglücklichen Versuch wenigstens so viel wahrscheinlich gemacht worden, dass, weil die Flüssigkeit so nahe übereinstimmend mit dem Wasser in festem und flüssigem Zustand übergeführt werden konnte, die eingeschlossene Flüssigkeit der Hauptsache nach aus W a s s e r bestehe. Bei einem

anderen Versuche verwandelte sich die Flüssigkeit eines kleinen Enhydros bei etwas unter — 0° in Eis, ohne dass die Wände zersprengt wurden, weil, wie es scheint, dieselben fest genug waren, der Ausdehnung des Eises Widerstand zu leisten.

Um nun zunächst die Natur der Gase der Luftblase kennen zu lernen, wurde der Enhydros in ein kleines Gefäss mit starken Gaswänden eingegypst und dieses Gefäss oben mit einem Deckel luftdicht verschlossen, durch welchen ein kleiner mit einem Diamant versehener Stift mittelst einer dichten Stopfbüchse hindurch geführt war, um an einer anscheinend dünnwandigen Stelle eine Oeffnung in den Stein bohren zu können. Ferner war dieser Fassungsraum durch zwei mit Hähnen luftdicht verschliessbaren Röhrenansätzen einer Seits mit einer Luftpumpe, anderer Seits mit einem Quecksilbermanometer in Verbindung gesetzt. Durch wiederholtes Auspumpen des Fassungsraumes unter Nachströmen von trockener, kohlensäurefreier Luft wurde schliesslich ein möglichst luftverdünnter Raum hergestellt. Alsdann wurde der Bohrer nach Abschluss der Verbindung mit der Luftpumpe und nach Herstellung der Verbindung mit dem Manometer in Bewegung gesetzt und gleichzeitig mit einem kleinen Fernrohr der Stand des Quecksilbers im Manometer scharf beobachtet. Herr Prof. Bauschinger hatte die Güte mir hierüber eingehende Mittheilung zu machen.

Bei Beginn des Bohrens war der Manometerstand 708,5 mm. bei einem Barometerstand von 726,5 mm. und 15,5° Lufttemperatur. Die Luft in dem Fassungsraum hatte also einen Druck von 18 mm. Quecksilbersäule bei 15,5° C. Dieser Druck sank während des Bohrens (etwa 15 Minuten) allmählig auf 31 mm.

Im Moment des Duchbohrens senkte sich die beobachtete Kuppe des Manometers plötzlich um 0,75 mm. Durch

den Ausfluss des Gases in der Libelle der Chalcedonhöhlung war mithin der Druck im Fassungsraum plötzlich von 31 mm. auf 32,5 gestiegen. Dieser Stand erhielt sich mehrere Minuten lang. Es darf wohl angenommen werden, dass die Verdunstung der eingeschlossenen Flüssigkeit eine geringe war. Durch ein Neigen des Manometerrohres wurde das Gas im oberen Theile des Manometerrohres und der Verbindungsröhre in den Fassungsraum zurückgetrieben. Dabei beschlugen sich die Gaswände des Fassungsraums reichlich mit Flüssigkeitsperlen.

Nachdem nun an die Stelle des Manometers ein Chlorcalciumrohr und ein Kalikugelapparat angebracht und ebenso ein gleicher Apparat zwischen Fassungsraum und Luftpumpe eingeführt worden war, wurde das im Fassungsraum enthaltene Luft- und Gasgemisch mittelst der Luftpumpe langsam und behutsam durch das Chlorkalkrohr und den Kaliapparat abgesaugt und dies so lange fortgesetzt bis alle Gase des Fassungsraumes durch den vorgespannten Apparat zweifelsohne durchgetrieben worden waren. Das Chlorcalciumrohr hatte nach Beendigung der Operation um 0,009 gr. an Gewicht zugenommen, der Kaliapparat liess keine Gewichtszunahme beobachten. Die Gasblase der Chalcedonmandeln enthielt folglich keine merkliche Menge von Kohlensäure, nur Wasserdampf und wahrscheinlich atmosphärische Luft.

Um die Spannung des gasförmigen Inhaltes der Chalcedonmandeln zu ermitteln, war der Rauminhalt des Fassungsraums und der Zuleitungsröhre zum Manometer, das mit Luft erfüllten Theils des letzteren und des Inhalts der Gasblase näher festzustellen. Im Moment des Durchbohrens hatte die ausgetrocknete und Kohlensäure-freie Luft des Fassungsraumes sammt Anschluss = 60,91 ccm. und einen Druck, wie oben angeführt, von 31 mm. Quecksilber. Nach dem Durchbohren erhöhte sich dieser Druck plötzlich

auf 32,5 mm., wodurch jenes Volum auf $60{,}91 \times \frac{31}{32{,}5} = 58{,}10$ ccm. verringert wurde. Die Differenz $60{,}91 - 58{,}10 = 2{,}81$ ccm. nahm das entströmte Gas der durchbohrten Chalcedonmandeln bei 32,5 mm Quecks. und 15,5° C. ein.

Nach sorgfältiger Bestimmung unter Berücksichtigung des Barometerstandes und der Temperatur war das Gewicht

der Chalcedonmandel in ursprünglichem Zustande	51,361 gr.
leer und ausgetrocknet	48,928 „
ganz mit destillirtem Wasser gefüllt	54,155 „
Es wog demnach die Flüssigkeit	2,433 „
die Füllung mit destillirtem Wasser	5,227 „

Nimmt man nun vorläufig die Flüssigkeit als Wasser an, so ist mit grosser Annäherung der Voluminhalt der Gasblase im ursprünglichen Zustande

$$= 5{,}227 - 2{,}433 = 2{,}794 \text{ ccm.}$$

Nach dem Durchbohren dagegen betrug es $2{,}794 + 2{,}81 = 5{,}60$ ccm bei 32,5 mm. Quecksilber und 15,5° C.

Das Gas der Libelle muss also ursprünglich eine Spannung von $32{,}5 \times \frac{5{,}60}{2{,}794} = 65{,}1$ mm. Quecks. bei 15,5° C. besessen haben.

Setzt man die Spannung gesättigten Wasserdampfes, der wohl in der Gasblase als vorhanden angenommen werden darf, = 13 mm., so bleiben noch

$$65{,}1 - 13 = \backsim 52 \text{ mm.}$$

als Spannung der wahrscheinlich atmosphärischen Luft in der Gasblase. Im Augenblick also, in dem die Chalcedonmandel sich schloss, könnte man annehmen, habe sie sich in einer Atmosphäre von Wasserdampf und atmosphärischer Luft befunden, deren Temperatur so hoch war, dass durch Abkühlung des in der Mandel eingeschlossenen Theils auf 15,5° C. die Spannung derselben bis auf 65 mm. herabsank.

Man darf vielleicht aus der Gegenwart der atmosphärischen Luft folgern, dass der Druck der Atmosphäre, in welcher die Chalcedonmandel sich nach und nach bildete, nicht sehr von dem Druck der atmosphärischen Luft an der Erdoberfläche verschieden gewesen sein dürfte; es ergäbe sich dann weiters, dass die Temperatur derselben etwa 100° C. betragen habe.

Nach diesen Experimenten bezüglich der Gasblase war meine fernere Aufgabe auf die Untersuchung der Flüssigkeit gerichtet, da eine weitere Untersuchung der geringen Menge des Gases der Luftblase nicht thunlich war.

Nach Abnahme des Deckels wurde die in der Chalcedonmandel noch vorhandene Flüssigkeit rasch herausgenommen. Es zeigte sich aber leider die Flüssigkeit durch das Bohrmehl verunreinigt, milchig weiss und liess sich auch nicht durch Filtriren reinigen, da das feine Bohrmehl durch das Filter ging. Die Flüssigkeit war übrigens geruch- und geschmacklos, ohne alkalische und ohne deutliche saure Reaction; wenigstens liess letztere sich nicht mit voller Sicherheit feststellen. Eine geringe Trübung in ganz frisch bereitetem Barytwasser rührt z. Th. von einem Gehalt an Schwefelsäure her. Die gewonnene Flüssigkeit betrug kaum die Hälfte der ursprünglich in der Mandel erhaltenen Menge. Uebrigens war dieselbe, nachdem sich das Bohrmehl abgesetzt hatte, vollständig wasserhell. Um sie von letzterem zu befreien, blieb nichts übrig, als sie langsam auf einem flachen Uhrgläschen unter der Glasglocke freiwillig verdunsten zu lassen. Nach dem Eintrocknen erkannte man unter dem Mikroscop neben dem unregelmässigen Bohrmehl deutlich einzelne Kryställchen von quadratischen Umrissen, kleinste Nädelchen, welche einzeln und in Eisblumen-ähnlichen Ausbildungen sich zeigten und ausserdem einzelne kleinste Coccolithen-ähnliche Scheibchen einer nicht doppelt brechenden Substanz. Um nun das eingetrocknete Bohrmehl zu beseitigen, wurde der Absatz vorsichtig mit Wasser über-

gossen, schwach erwärmt und das Wasser langsam abfliessen lassen. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass anscheinend alle früheren als Kryställchen abgeschiedenen Theile wieder in Lösung gegangen waren und aus dieser Lösung wieder in ähnlichen Formen sich beim Eintrocknen ausschieden. Die Menge dieser Salze betrug auf die ursprüngliche Flüssigkeitsquantität 2,433 gr. berechnet in Procenten = 0,007, was einem Gehalt von 70 mm. Salzen in einem Liter Flüssigkeit entsprechen würde. Indess kann diese Gewichtsbestimmung auf keine Genauigkeit Anspruch machen, weil immerhin ein nicht unbeträchtlicher Theil der Flüssigkeit abgesehen von der Verdunstung zu Verlust gegangen war.

Die erhaltenen Salze gaben die Reaction auf Chlor, Schwefelsäure, Natron und Kalk; auf Kalium wurde mit negativem Ergebnissen geprüft. Im Zusammenhalt mit den unter dem Mikroscop beobachteten Formen der Krystallausscheidungen ist der Gehalt an Chlornatrium sicher gestellt. Wahrscheinlich findet sich daneben auch noch Chlorcalcium und schwefelsaurer Kalk. Zu weiteren Prüfungen war die Rückstandsmenge zu gering. Eine der wichtigsten Fragen, ob die Flüssigkeit Spuren von Kieselsäure in Lösung enthielt, musste wegen der Verunreinigung mit kieseligem Bohrmehl unentschieden gelassen werden. Die Gefälligkeit der Herrn Conservators der Mineralogischen Sammlung des Staates Prof. Dr. v. Kobell setzte mich jedoch durch Ueberlassung eines Enhydros von der erwähnten Sendung des Herrn Dr. Günther aus Uruguay in die Lage, auch dieser Frage näher zu treten. Aeussere und innere Beschaffenheit dieses Exemplars stimmte aufs Genaueste mit jenem ersten, durch Anbohren geöffneter Enhydros. Dasselbe wurde vorsichtlich zerschlagen und auf diese Weise die freilich sehr geringe Flüssigkeitsmenge rein und wasserhell gewonnen. Ein kleiner Verlust war auch hier bei dem schwierigen Zerschlagen der harten Quarzrinde unvermeidlich, daher die Quantität nicht

genau bestimmt werden konnte. Der Rückstand beim Eintrocknen betrug ungefähr eben so viel, wie bei der ersten Probe und zeigte unter dem Mikroscop auch ganz denselben Anflug von Kryställchen. Dieser Rückstand wurde scharf bei 120° C. längere Zeit getrocknet um etwa aus der Flüssigkeit ausgeschiedene Kieselsäure in die unlösliche Modifikation überzuführen, dann mit Wasser befeuchtet, schwach erwärmt und nun die Flüssigkeit vorsichtig abgegossen. Auch in diesem Falle lösten sich alle abgesetzten Kryställchen wieder im Wasser und es blieb kein erkennbarer Rückstand, der als Kieselsäure hätte gedeutet werden können. Es muss zugegeben werden, dass die Quantitäten, mit welchen diese Versuche angestellt wurden, freilich so gering waren, dass kleine Mengen etwa in Lösung befindlicher Kieselsäure sich dem Nachweise entziehen konnten. Es darf daher auch nur gesagt werden, dass grössere Mengen von Kieselsäure in der Flüssigkeit nicht enthalten sind. Die durch Condensiren der verdunsteten Flüssigkeit wieder erhaltene Flüssigkeit liess nur die Beschaffenheit reinen Wassers erkennen.

Nach diesen keineswegs erschöpfenden Versuchen ist es wenigstens doch sehr wahrscheinlich gemacht, dass der Hauptsache nach die Flüssigkeit der Enhydros von Uruguay aus Wasser besteht mit geringen Mengen von gelösten Salzen, während die Gasblase nur atmosphärische Luft enthält.

Dieses Resultat stimmt im Wesentlichen mit den frühern Untersuchungsergebnissen von H. Davy an den Flüssigkeitseinschluss der Enhydros aus den Berenicischen Bergen, welcher wie Davy (a. a. O. S. 138) anführt, aus beinahe reinem Wasser bestand und mit Silbernitrat und Barytsalzen kaum sichtbare Niederschläge gab, überein. Das eingeschlossene Gas jener italienischen Chalcedonmandeln dagegen hält Davy für Stickstoff unter der Annahme, dass der Sauerstoff

der Luft von dem Wasser aufgenommen worden sei. Diese Frage muss vorläufig noch eine offene bleiben.

In Bezug auf die Bedeutung dieser Wassereinschlüsse in Chalcedonmandeln für die Beantwortung geologischer Fragen dürfte es wohl überflüssig sein darauf hinzuweisen, dass eine Bildung dieser Mandeln auf feuerflüssigem Wege, also als Ausscheidung aus geschmolzenen Gesteinsmagma völlig undenkbar erscheint. Eine solche Annahme wird wohl heutzutage von Niemanden mehr ernstlich gemacht werden wollen.

Dass bei der Entstehung dieser Chalcedonmandeln in bereits vorhandenen Blasenräumen eruptiver Gesteine eine Abscheidung von Kieselsäure aus wässriger Lösung stattfand, ist nicht zu bezweifeln, wenn auch hierzu enorm lange Zeiträume erforderlich sind. Denn nach Bischof (a. a. O. S. 635) vermag Wasser nur 0,0001 seines Gewichts Kieselsäure zu lösen und nach den obigen Ergebniss ist nicht anzunehmen, dass eine beträchtlich grössere Lösungsfähigkeit des Wassers aus dem die Quarzsubstanz sich absetzte, vorausgesetzt werden darf, wenn die eingeschlossene Flüssigkeit gleichsam als ein gefangen gehaltener Rest eines solchen Nährwassers angesehen werden dürfte. Dasselbe enthält weder namhafte Menge von die Löslichkeit der Kieselsäure fördernden Stoffen, noch scheint sie eine sehr beträchtlich höhere Temperatur im Moment des Einschlusses besessen zu haben. Freilich ist die Beurtheilung immer eine unsichere, weil wir nicht absolut sicher wissen, in welcher Höhe oder Tiefe der Erdrinde das Gestein in der Zeit der Entstehung der Chalcedonmandel sich befand.

Ist aber dieses eingeschlossene Wasser wirklich als ein Ueberbleibsel der ursprünglichen Bildungsflüssigkeit für die Quarzausscheidungen anzusehen? Ich glaube diese Frage verneinen zu müssen. Wir dürfen uns die Ausscheidung der Quarzsubstanz in den Mandelraum kaum anderes erfolgt

denken, als ungefähr analog der Bildung der Tropfsteine in Höhlen. Nur scheint nicht, wie bei letzteren, die Verflüchtigung der Kohlensäure eine Rolle gespielt zu haben, sondern die einfache Verdunstung des Wassers an den Wandungen der Blasenräume den Absatz bewirkt zu haben. Auch wird wohl die Bildungsflüssigkeit vorherrschend durch die Porosität des Gesteins nach Art der Wirkung der Haarröhrchen angesaugt und zu den Hohlräumen geleitet worden sein, was bei den meisten Mandeln aus der gleichartigen Ausbildung des Mandelraums nach allen Richtungen hin hervor zu gehen scheint. Die nach und nach von aussen nach innen krustenartig sich bildenden Chalcedonschalen müssen aber durchdringbar d. h. es müssen zwischen den einzelnen Infiltrationsstellen für die Flüssigkeit zugängliche Kanälchen offen geblieben sein, um letztere fort und fort in's Innere gelangen zu lassen und die Verdunstung zu ermöglichen. Der Unterschied zwischen der Chalcedon- und Achat-artigen Ausbildung der Kieselsäure in den äusseren Schalen und der Krystalle nach Innen dürfte wesentlich auf einer Verlangsamung des Verdunstungs- und Ausscheidungsprocesses beruhen. Es ist nicht anzunehmen, dass während der Entstehung der Quarzmasse jeder Hohlraum ganz mit Flüssigkeit gefüllt war, wie es jetzt bei den Enhydros bis zu einer kleinen Luftblase der Fall ist. Das Wasser dieser letzteren stammt, wie mir scheint, aus der letzten Periode verringeren Verdunstungsfähigkeit, wodurch sich an einzelnen Exemplaren eine Anhäufung von Flüssigkeit ergab. Wurden nun durch einen besonderen Umstand bei der einen oder anderen Mandel die letzten Zugänge durch Absatz von Kieselsubstanz vollends verstopft, so blieb das sich ansammelnde Wasser, von dem mehr zuging als verdunsten konnte, eingeschlossen und bildet nun die Flüssigkeit unserer Enhydros.

Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

Von der Redaction der Chemiker-Zeitung in Cöthen:

Chemiker-Zeitung. Jahrg. 1880 Nr. 1—3. 4. 5. 6. 4°.

Vom naturhistorischen Landesmuseum in Kärnten zu Klagenfurt.

Carinthia, Zeitschrift. Jahrg. 69. 1879. 8°.

Von der geographischen Gesellschaft in Hannover:

I. Jahresbericht. 1879. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Zürich:

Vierteljahrsschrift. Jahrg. 23. 1878. 8°.

Vom Verein zur Beförderung des Gartenbaues in Berlin:

Monatsschrift. 1879 Jan.—Dez. 8°.

Von der deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin:

Berichte. Jahrg. XIII. 1880. 8°.

Von der schweizerischen geologischen Commission in Bern:

Beiträge zu einer geologischen Karte der Schweiz. Lief. XVII Text zu Blatt 24 (Tessin) 1880. 4°.

Von der American Pharmaceutical Association in Philadelphia:

Proceedings at the 26. annual Meeting held in Atlanta. 1879. 8°.

Von der American Academy of Arts and Sciences in Boston:

Proceedings. Vol. XIV. 1879. 8°.

Von der New-York Academy of Sciences in New-York:

Annals. Vol. I. 1878. 8°.

Vom Canadian Institute in Toronto:

The Canadian Journal: Proceedings of the Canadian Institute. New Ser. 1879. 8°.

Von der Boston Society of natural History in Boston:

a) Memoirs. Vol. III. Part 1. 1878—79. 4°.
b) Proceedings. Vol. XX. 1878—79. 8°.
c) Guides for Science-teaching. Nr. I V. 1878 79. 8°.

Vom Essex Institute in Salem:

Bulletin of the Essex Institute. Vol. 10. 1878. 8°.

Von der Redaction des American Journal in New-Haven:

The American Journal of Science and Arts. Vol. XVII. Nr. 101. 102. Vol. XVIII. Nr. 103 – 106. 1879. 8°.

Vom United States Naval Observatory in Washington:

a) Astronomical and Meteorological Observations made during the year 1875. 1878. 4°.
b) Washington Observations for 1868. Appendix I. 1869 App. II. — 1870 App. I. III. IV. — 1871 App. I. — 1872 App. I. II. — 1873 App. I — 1874 App. II. 4°.
c) Zones of Stars observed at the National Observatory Washington. Vol. I. Part 1. 1860. 4°.
d) Report of the Commission on site for Naval Observatory. 1879. 8°.

Von der Sociedad „Andres del Rio“ in Mexico:

Boletin. Cuad. 2. 1878. 8⁰.

Von der Universidad de Chile in Santiago:

a) Annuario hidrografico de la marina de Chile Anno 4. 1878. 8⁰.
b) Estudios sobre las aguas de Skyring i la parte austral de Patagonia. 1878. 8⁰.

Von der Société des sciences naturelles in Neuchatel:

Bulletin. Tom XI. Cahier 3. 1879. 8⁰.

Von der Accademia Pontificia de' nuovi Lincei in Rom:

Atti. Anno 32 Sessione III. 1879. 4⁰.

Vom Verein böhmischer Mathematiker in Prag:

Casopis. Bd. VIII. 1878—79. 8⁰.

Vom Museo civico di storia naturale in Genova:

Annali. Vol. 14. 1879. 8⁰.

Von der Société de géographie in Paris:

Bulletin. November 1879. 8⁰.

Von der Académie de médecine in Paris:

Bulletin 1880. 1879—80. 8⁰.

Von der k. ungarischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Budapest:

a) Ungarns Spinnen-Fauna von Otto Herman. Band III. 1879. 4⁰.
b) Chemische Analyse ungarischer Fahlerze von Koloman Hidegh. 1879. 4⁰.

c) Bibliotheca Hungarica historiae naturalis et matheseos. Auctore József-Szinnyei. 1878. 4°.
d) Catalog der Bibliothek der ungarischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft von August Heller 1877. 8°.

Von der finländischen Gesellschaft der Wissenschaften in Helsingfors:

Observations météorologiques. Année 1877. 1879. 8°.

Vom Museum in Tromso:

Aarshefter II. Tromsö 1879. 8°.

Von der Astronomical Observatory of Harvard College in Cambridge, Mass.

34. annual Report for 1879. 1880. 8°.

Von der Académie des sciences in Paris:

Comptes rendus. Tom. 90. 1880. 4°.

Vom Museum of comparative zoology in Cambridge, Mass.

Annual Report for 1878—79. 1879. 8°.

Von der Société de géographie commerciale in Bordeaux:

Bulletin. 1880. 8°.

Vom Bureau of Navigation in Washington:

The American Ephemeris and Nautical Almanac for the year 1882. 1879. 8°.

Von der Redaction des Moniteur scientifique in Paris:

Moniteur scientifique. Livr. 458. 1880. gr 8°.

Von der physical.-medicin. Gesellschaft in Würzburg:

Verhandlungen. N. F. Bd. XIV. 1880. 8°.

Von der Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforscher in Halle a/S.

a) Leopoldina. Heft XVI. 1880. 4°.
b) Nova Acta. Tomus 40. 1878. 4°.

Von der physicalisch-medicinischen Societät in Erlangen:

Sitzungsberichte. Heft 11. 1879. 8°.

Vom naturwissenschaftlich-medicinischen Verein in Innsbruck:

Berichte. IX. Jahrg. 1878. 1879. 8°.

Von der oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Giessen:

18. Bericht. 1879. 8°.

Von der Sociedad de geografia y estadistica in Mexiko:

Boletin. Tomo IV n° 6 y 7. 1879. 8°.

Von der royal Microscopical Society in London:

Journal. Vol. III. 1880. 8°.

Von der Società Toscana di scienze naturali in Pisa:

Atti. Processi verbali dell' adunanza del dì 11 gennaio 1880. 8°.

Vom meteorological Committee in Calcutta:

Registers of original Observations in 1879. January 1879. Fol.

Vom Museum of comparative zoology in Cambridge, Mass.

Bulletin. Vol. VI. 1879. 8°.

Von der Académie Royale de médecine in Brüssel:

Bulletin. Tom. XIV. 1880. 8°.

Von der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg:

Mélanges biologiques. Tom. X. Livr. 2. 1879. 8°.

Von der Société Hollandaise des sciences in Harlem:

Le télémétéorographe d'Olland décrit per M. Snellen. 1879. 8°.

Von der Provinciaal Utrechtsch Genootschaap in Utrecht:

Prize Essay on Evaporation by S. H. Miller. 1878. 4°.
Verhandeling over de ver damping van Water, door J. E. Enklaar. 1878. 4°.

Von der Société de géographie in Paris:

Bulletin. Décembre 1879. 8°.

Von der kaiserl. Sternwarte in Pulkowa:

a) Tabulae quantitatum Besselianarum pro annis 1880 ad 1884 ed. O. Struve. Petropoli 1879. 8°.
b) Mesures micrométriques corrigées des étoiles doubles, par O. Struve. St. Pétersbourg 1879. 4°.

Von der Academia nacional de ciencias de la república Argentina in Córdoba:

Boletin. Tomo III. 1879. 8°.

Vom Nederlandsch Meteorologisch Instituut in Utrecht:

Meteorologisch Jaarboek voor 1878. 30. Jaargang. 1879. quer 4°.

Vom Herrn A. Ecker in Freiburg i. Br.:

Der Steisshaarwirbel (vertex cocoygeus). Berlin 1879. 4°.

Vom Herrn Gustav Ritter von Wex in Wien:

Zweite Abhandlung über die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen. 1879. 4°.

Vom Herrn F. V. Hayden in Washington:

a) Catalogue of the Publications of the U. S. Geological and geographical Survey of the Territories. 3. ed. 1879. 8°.
b) Bulletin of the U. S. Geological and Geographical Survey of the Territories. Vol. 5. 1879. 8°.

Vom Herrn Henry Draper in London.

On the Coincidence of the Bright Lines of the Oxygen Spectrum. 1879. 8°.

Vom Herrn Michele Stossich in Triest:

Prospetto della Fauna del mare Adriatico. Parte I. 1879. 8°.

Vom Herrn Arcangelo Scacchi in Neapel:

Ricerche chimiche sulle incrostazioni gialle della lava Vesuviana del 1631. 1879. 4°.

Vom Herrn Valerian von Möller in St. Petersburg:

Die Foraminiferen des russischen Kohlenkalks. 1879. 4°.

Vom Herrn Ph. Plantamour in Genf:

Des mouvements périodiques du sol. 1879. 8°.

Vom Herrn John Collett, Chief of Bureau of Statistics and Geology in Indianopolis:

8.—10. annual Reports of the geological Survey of Indiana made 1876—78 by E. T. Cox. 1878. 8°.

Vom Herrn Ferdinand von Müller in Melbourne:

A descriptive Atlas of the Eucalypts of Australia. 4. Decade. 1879. 4°.

Vom Herrn G. vom Rath in Bonn:

Vorträge und Mittheilungen. 1880. 8°.

Vom Herrn Jules Mac Leod in Gent:

La structure des trachées et la circulation péritrachéenne. Bruxelles 1880. 8°.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Oeffentliche Sitzung.

zur Feier des 121. Stiftungstages

am 20. März 1880.

Der Secretär der mathematisch-physikalischen Classe, Herr v. Kobell zeigt nachstehende Todesfälle der Mitglieder an:

1) Johann von Lamont.

Geb. 1805 am 13. December zu Brämar in Schottland.
Gest. 1879 am 6. August zu Bogenhausen bei München.

Lamont kam als ein Knabe von 12 Jahren in das Schottenkloster zu Regensburg. Er erhielt daselbst seine erste wissenschaftliche Bildung, besuchte das Gymnasium und das Lyceum und widmete sich der Theologie. Der Prior des Klosters P. Deasson, ein ausgezeichneter Mathematiker und praktischer Mechaniker leitete Lamonts bezügliche Studien und als 1818 die neue Sternwarte in Bogenhausen bei München gebaut war und von dem dafür ernannten Vorstand, dem Steuerrath Soldener, bezogen wurde, kam Lamont durch Vermittlung des Priors Deasson als angehender Astronom an diese Sternwarte, und wurde auf Wunsch und Empfehlung Soldeners 1828 Assitent und Adjunkt an derselben. Nach dem Tode Sol-

deners wurde Lamont 1835 an dessen Stelle zum Conservator ernannt, indem seine bisherigen Leistungen und eine sehr ehrende Empfehlung des berühmten Astronomen Schuhmacher in Altona den damaligen Präsidenten der Akademie von Schelling veranlasste, ihm, gegenüber dem concurrirenden, von Bessel empfohlenen, Akademiker Steinheil, seine Stimme zu geben. Er begann nun in ununterbrochener Thätigkeit seine Beobachtungen am gestirnten Himmel, unterstützt von dem damals aus dem optischen Institut Utschneiders hervorgegangenen Riesenrefractor, dem zweitgrössten der existirenden. Seine Beobachtungen verzeichnen die „Observationes Astronomicae in Specula regia Monachiensi institutae und die Annalen der Münchener Sternwarte, zusammen 24 Bände, ferner die Jahrbücher der Sternwarte (1838—41) und sein astronomischer Kalender (1850—53.) Er hat ein Verzeichniss von über 20 Tausend teleskopischen Sternen nördlicher und südlicher Declination aus den Berechnungen der Münchner Zonenbeobachtungen hergestellt und seine letzte grosse Arbeit, die er nicht mehr zu vollenden vermochte, war die einheitliche Berechnung und Verzeichnung von 34000 beobachteten teleskopischen Sternen. — Besondere Abhandlungen betreffen die totale Sonnenfinsterniss von 1860 und die Grössenmasse des Uranus, abgeleitet aus Beobachtungen seiner Satelliten. — Nicht minder zahlreich als die genannten sind die Ergebnisse seiner Forschungen über den Erdmagnetismus. Sie betreffen Richtung und Stärke desselben in Norddeutschland, Belgien, Holland und Dänemark (1859) und an verschiedenen Punkten des südwestlichen Europa, ferner Magnetische Ortsbestimmungen im Königreich Bayern und Magnetische Karten von Deutschland. — 1848 publicirte er ein Handbuch des Erdmagnetismus und 1851 eine Schrift „Astronomie und Erdmagnetismus“ und eine Reihe von magnetischen Beobachtungen in München. Er hat neue Instrumente und Apparate

beschrieben, wie sie an der Münchner Sternwarte verwendet wurden, so die selbstregistrirenden Baro- und Thermometer, einen magnetischen Reise-Theodolit u. a. Er gab einen Beitrag zu einer mathematischen Theorie des Magnetismus, schrieb über den Einfluss des Mondes auf die Magnetnadel und publicirte zahlreiche Mittheilungen über Meteorologie. In einer besonderen Schrift (1862) besprach er den Zusammenhang des von ihm entdeckten parallel mit dem Aequator kreisenden electrischen Stromes, welchen er Erdstrom nannte, mit dem Magnetismus der Erde. — Auch seine astronomisch-geodätischen Bestimmungen für einige Hauptpunkte des Bayerischen Dreiecknetzes sind hervorzuheben.

Lamont war eine ansprechende bescheidene Persönlichkeit, entfernt von allem gelehrten Hochmuth, wie er selbst bei minderen Leistungen an Andern wohl vorkommt. Wie seine Thätigkeit in den Kreisen der Fachmänner anerkennend aufgenommen wurde, beweisen die vielen Diplome, die er von gelehrten Corporationen zugeschickt erhielt, so von den Akademien in Brüssel, Upsala, Prag, Edinburg, Cambridge, Lüttich, Cherbourg u. a. Seine Verdienste wurden auch durch Orden geehrt. Er war Ritter des Verdienstordens der bayerischen Krone und vom hl. Michael, des päpstlichen Ordens Gregors des Grossen, des österr. Ordens der eisernen Krone und des Schwedischen Nordstern-Ordens.

Lamont wusste in seinen Schülern das Interesse für die Wissenschaft zu wecken und zu pflegen und hat für würdig Strebende ansehnliche Summen zu Stipendien bestimmt, welche ein Capital von 72000 Mark bilden, wozu noch das Vermächtniss fast seines ganzen hinterlassenen Vermögens kommt, welches er nahe an 100000 Mark der Universität zu gleichem Zweck überwiesen hat.

---

2) Dr. Carl Friedrich Mohr.

Geb. 1806 am 4. Nov. zu Coblenz.
Gest. 1879 am 28. Sept. zu Bonn.

Die ersten Studien Mohrs betrafen die Pharmacie und pharmaceutische Chemie, für welche er an der Universität zu Bonn seit 1864 als ein hochgeachteter Lehrer gewirkt hat. Geigers Pharmacopaea universalis wurde nach dem Tode des Verfassers von ihm fortgesetzt, er schrieb ein Lehrbuch der pharmaceutischen Technik, einen Comentar zur preussischen Pharmakopöe und viele Abhandlungen, welche die Darstellung chemischer Präparate zum Gegenstand haben und darthun, wie er praktische Methoden zu erfinden wusste. Seine Abhandlung über die Bereitung von Extracten zum pharmaceutischen Behuf ist von Berzelius als eine vortreffliche Arbeit anerkannt worden. Sehr verdient hat er sich durch mancherlei Verbesserungen der Titrirmethoden gemacht. Seine bezügliche Schrift „Lehrbuch der chemisch analytischen Titrirmethode" erschien in erster Auflage 1855, in zweiter 1861 und in dritter 1869. Er hat darin eine Reihe neuer Beobachtungen sowohl über Titersubstanzen als über die zu gebrauchende Instrumente mitgetheilt und überall ein möglichst genaues und praktisches Verfahren angegeben. Es folgten diesem Hauptwerk weiter ergänzende Zusätze und Verbesserungen.

Auch im Gebiete der Physik hat Mohr mit Erfolg gearbeitet und viele zweckmässige electrische und magnetische Apparate construirt. Seine Ansichten über theoretische Chemie sind manchen Neuerungen entgegen, welche zu Ruf und Verbreitung gelangten. Er hat darüber ein Werk publicirt mit dem Titel „Mechanische Theorie der chemischen Affinität und die Neuere Chemie" (1868) und ein weiteres „Geschichte der Erde, eine Geologie auf neuer

Grundlage" (1866). Mohr hat wohl erkannt, wie es eine undankbare Arbeit ist, herrschende Moden bekämpfen zu wollen und dass die schlagendsten Gründe gegen ihre angeblichen Vorzüge nicht beachtet und mit Schweigen übergangen werden, gleichwohl hat er seine Stimme erhoben und unbeirrt die Fehler der Gegner dargethan. Er hat gezeigt, wie wenig die moderne Chemie berechtigt sei, ihre Formeln der organischen Verbindungen auf unorganische zu übertragen und wie sie auf diesem Gebiete den bekannten binären nachstehen. Er bezeichnet die Formeln mit Angabe der näheren Mischungstheile als die eigentlich empyrischen, dergleichen seien aber in den organischen Verbindungen durch die Analyse nicht nachzuweisen und können nur als ein Gebilde speculativer Construction betrachtet werden. Er erinnert auch, dass viele Entdeckungen der neueren chemischen Synthese mehr einen technischen oder merkantilen Werth haben als einen wissenschaftlichen und oft nur mit einem gar seltsamen Apparat von Säuren, Alkalien, Glühhitze und Druck das gewünschte Resultat erhalten wird, also in einer Weise, welche nicht die der schaffenden Natur ist und keinen Aufschluss darüber giebt. „Wenn es Jemand gelänge, sagt er, auf feurigem Wege Granaten oder Rubine zu erzeugen, was aber nicht in Aussicht steht, da die natürlichen auf nassem Wege entstanden sind, so würde das für den Erfinder, für den Juwelier, von Wichtigkeit sein, aber nicht entfernt für die Geologie."

Seine Geschichte der Erde basirt auf, durch Thatsachen begründete, Lehren der Chemie und Physik. Die Geologie hatte sich theilweise eine besondere Chemie geschaffen, nach welcher den Stoffen ganz andere Eigenschaften zugeschrieben werden, als sie die gewöhnliche Chemie kennt, und er erklärt sich gegen diese sowie gegen die hypothetisch gesteigerten Kräfte des Dampfes, gegen das Verflüchtigen feuerbeständiger Stoffe etc. — Er bespricht eingehend die Unter-

suchungen, welche Felsarten im Feuer gewesen sein können und welche nicht und giebt neue Beobachtungen zur Beurtheilung der Frage. Sämmtliche Artikel, welche das Buch zusammensetzen, bieten geschichtliche Ueberblicke und geben mit manchen originellen Anschauungen ein Bild der älteren und der gegenwärtigen Geologie.

Mohr war ein sehr beliebter Lehrer und neben seinen ernsten Studien ein Freund von Humor und guter Laune.

Er ist für unsere Classe mit Auszeichnung durch v. Liebig zum Mitglied vorgeschlagen worden.

---

3) Dr. Heinrich Wilhelm Dove.

Geb. 1803 am 6. Oktober zu Liegnitz.
Gest. 1879 am 4. April zu Berlin.

Dove begann seine Studien an der Universität zu Breslau, anfangs für Philologie, bald aber auf Anregung von H. W. Brandes für Naturwissenschaften. Er setzte diese Studien in Berlin fort und promovirte daselbst 1826. Dann habilitirte er sich in Königsberg, war anfangs Docent und dann ausserordentlicher Professor, kehrte aber (1828) nach Berlin zurück und wurde daselbst (1845) zum ordentlichen Professor der Physik an der Universität ernannt. Er war auch Lehrer der Physik und Mathematik am Werder'schen und später am Friedrich-Wilhelmsgymnasium, dann Lehrer der Physik am k. Gewerbe-Institut, an der Artillerieschule und an der Kriegsakademie.

Dove hat sich mit Auszeichnung in den Gebieten der Optik des Electromagnetismus und der Meteorologie hervorgethan und diese Wissenschaften mit wichtigen Untersuchungen bereichert. Sein Buch „die neuere Farbenlehre“, welches 1853 in zweiter Ausgabe erschien, hat die allgemeinste Anerkennung gefunden. Er verbreitet sich darin mit historischer Einleitung in möglichst populärer Darstel-

lung über die Physik der Farbe und die chromatischen Theorien, über Abhängigkeit des Farbeneindrucks von der Wellenlänge, über die Polarisation und Interferenz des Lichts. Er berührt dabei die Analogien von Optik und Akustik. Besondere Capitel dieses Buches sind stereoskopischen Versuchen und Apparaten und den Erscheinungen der Circularpolarisation gewidmet. Die letztere betreffend fügt er den bekannten Beobachtungen, welche von Biot, Herschel, Brewster und Airy an den plagiedrischen Bergkrystallen gemacht wurden, noch neue hinzu, namentlich an den Combinationen des Amethyst mit links- und rechtsdrehenden Krystalltheilen und beschreibt das Verhalten von Bergkrystallen, an welchen rechte und linke Trapezoederflächen vorkommen, die zu grossen Seltenheiten gehören. Er hat auch gezeigt, wie ein- und zweiaxige Krystalle durch die Absorption des polarisirten Lichts unterschieden werden können, bespricht den Dichroismus und Versuche mit subjectiven Farben, die Theorie des Glanzes und die Erscheinungen der Pseudoskopie.

Auch im Gebiete der Electricität und des Magnetismus hat Dove werthvolle Arbeiten geliefert, namentlich verdanken wir ihm Aufklärungen über das Wesen der Extraströme und über den Verlauf der Inductionsströme mit Rücksicht auf deren magnetische und physiologische Wirkungen. Die Meteorologie ist durch ihn ganz vorzüglich und mit glänzenden Resultaten gefördert worden. Mit Vorliebe studirte er die Luftströmungen und bezeichnete viele Stürme als Wirbelstürme; für den Schweizer Föhn nahm er an, dass er aus Westindien komme und nicht aus der Sahara. — Er erkannte zwei tägliche Veränderungen in der Atmosphäre und dass die Menge ihres Wassergases um Mittag am grössten, die Dichtigkeit der Luft aber dann am kleinsten sei, welches Verhältniss nur Mitternacht sich umkehre. In diesem Wechsel findet er die Elemente der Erscheinungen

der Polar- und Aequatorialwinde und der Passatwinde, die er weiter bespricht mit dem Einfluss der Drehung der Erde und dem atmosphärischen Druck. Er erkannte dabei das Gesetz, dass auf der nördlichen Halbkugel der Nordost durch Ost in Südwest, auf der südlichen der Südost durch Ost in Nordost übergehe. Dieses ist das nach ihm benannte Dove'sche Winddrehungsgesetz. Die betreffenden Beobachtungen hat er in seinen meteorologischen Untersuchungen (Berlin 1837) und in den klimatologischen Beiträgen 2 Theile (1859—67) und in der Schrift „Gesetz der Winde" publicirt, wovon eine englische und eine französische Uebersetzung und 1874 die vierte deutsche Auflage erschienen ist.

Dove's Arbeiten belebte überall ein klarer Geist, seine Persönlichkeit verband mit dem Ernst der Wissenschaft Witz und Humor.

Am 4. März 1876 feierte er sein 50 jähriges Doctorjubiläum. In dem Dankschreiben für die Gratualtion unserer Akademie findet sich nachstehende schöne Schlussstelle: „Der Einzelne, der am Ende einer arbeitsamen Laufbahn die eigenen Kräfte mit Wehmuth schwinden sieht, fühlt sich getröstet und erhoben in dem Gedanken an das frische Fortleben der grossen wissenschaftlichen Anstalten, der gelehrten Körperschaften und Vereine, deren erfolgreiches Wirken nicht an die kurzen Fristen des individuellen Daseins gebunden, vielmehr durch den heilsamen Wechsel einander ablösender Geschlechter für eine ferne Zukunft glücklich verbürgt ist."

---

4) Aug. Heinrich Rudolph Grisebach.

Geb. am 17. April 1814 zu Hanover.
Gest. am 9. Mai 1879 in Göttingen.

Grisebach erhielt seine wissenschaftliche Vorbildung am Lyceum in Hannover und am Pädagogium zu Ilfeld. Seine weiteren Studien machte er in Göttingen und Berlin

und trieb neben Medicin vorzüglich Botanik, zu welcher er schon als Knabe eine besondere Vorliebe zeigte und als Gymnasist bereits ein werthvolles Herbarium angelegt hatte. Im Jahre 1832 bezog er die Universität Göttingen und wurde 1837 daselbst Privatdocent, als welcher er eine eingehende Monographie der Gentianeen herausgab. Sein Interesse für Pflanzengeographie wurde durch mehrere grössere Reisen genährt, deren erste er (1839) nach der Türkei unternahm und dabei Thracien, Macedonien und Albanien durchforschte. In Folge des darüber publicirten Werkes wurde er (1844) zum ausserordentlichen Professor in Göttingen und 1847 zum Ordinarius für allgemeine Naturgeschichte ernannt, beschränkte aber später seine Lehrthätigkeit auf systematische und physiologische Botanik. Im Jahre 1842 hatte er auch Norwegen und 1850 die Pyrenäen bereist, überall reichliches Materiel zu seinen botanischen Studien sammelnd. 1860 erhielt er den Hofrathstitel und übernahm nach Bartlings Tod 1875 das Directorium des botanischen Gartens in Göttingen.

Seine Arbeiten über die Flora von Rumelien, über die Vegetationslinien des nordwestlichen Deutschlands, über die geographische Verbreitung der Hieracien, über die Vegetation von Westindien aus dem ihm von der Englischen Regierung überwiesenen Pflanzenvorrath, über die Flora von Argentinien und viele andere, darunter eine ältere „Ueber die Bildung des Torfes", sind von hohem Interesse. Sein 1872 erschienenes grosses Werk „die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung" kann aber als die Hauptarbeit seines Lebens gelten. Er hat neun Jahre daran gearbeitet und nur seiner reichen Erfahrung war es möglich, aus Herbarien und Reisebeschreibungen Vegetationsbilder entfernter Continente und Inseln zu unterwerfen, wie er es gethan hat. Das Werk ist in's Französische und Russische übersetzt worden.

Seine Jahresberichte über die Fortschritte der Pflanzengeographie geben ein weiteres Zeugniss seiner ausserordentlichen wissenschaftlichen Thätigkeit.

Der ausgezeichnete Gelehrte ist in unserer Classe nach dem Vorschlag durch v. Martius (1861) zum Mitglied gewählt worden.

---

5) Dr. Bernhard v. Cotta.

Geb. 1808 am 24. Oktober zu Zillbach im Eisenach'schen.
Gest. 1879 am 14. September zu Freiberg i. S.

Cotta studirte 1827—31 auf der Bergakademie zu Freiberg und weiter 1832 in Heidelberg. 1839 wurde er Lehrer an der forstwissenschaftlichen Anstalt zu Tharand und dann (seit 1842) Professor der Geologie an der Bergakademie zu Freiberg.

Cotta war ein unermüdlicher Forscher und seine Publicationen sind sehr zahlreich. Zu den frühesten gehört seine Schrift „Geognostische Wanderungen" (2 Theile 1836 bis 38), wo er seine Studien über die geognostischen Verhältnisse von Tharand bekannt gemacht hat. Es folgten dann eine Anleitung zum Studium der Geognosie und Geologie (1839) und ein Grundriss der Geognosie und Geologie (1846). Spezielle Untersuchungen hat er mit dem Fichtelgebirg vorgenommen, welches durch das auffallende Durchkreuzen und Sichabschneiden mehrer Richtungen merkwürdig. Er bespricht im Detail die vorkommenden Felsarten und ihre Gemengtheile.

An einer geognostischen Karte von Sachsen war er eifriger Mitarbeiter und das Thüringer-Waldgebiet hat er eingehend untersucht und eine geognostische Karte desselben herausgegeben. — Im Jahre 1850 erschienen seine geologischen Briefe aus den Alpen und hat er darin ihren geo-

logischen Bau und ihre Bildung durch viele aufeinanderfolgende Hebungen besprochen. Die letzteren seien nicht plötzliche, sondern höchst langsame gewesen und setzen unermessliche Zeiträume voraus. Es wird dieses in seiner kleinen Schrift (1850) über den innern Bau der Gebirge weiter ausgeführt. — Andere Untersuchungen betreffen das Fassathal und seine Dolomite und Melaphyre, deren Vorkommen er durch mehrere Durchschnitte erläutert, ferner die Formation der Kreide, welche er einen vorzüglichen Tummelplatz der deutschen Geologen nennt und sagt, dass sie dabei nicht unterlassen, sich gegenseitig etwas anzukreiden. Die Annahme vieler Parallelbildungen der deutschen Kreide-Glieder hält er für zu wenig begründet, indem er aufmerksam macht, dass man über das Vorkommen der Versteinerungen und die Grenze solchen Vorkommens sich leicht täuschen könne und oft getäuscht habe. — Ueber die Bildung der Erzgänge berichtet er einen interessanten Fall, welchen er beim Abbrechen eines alten Flammofens in Freiberg beobachtet hatte, wo sich die Mauermasse von Gängen verschiedener Schwefelmetalle durchschwärmt zeigte und tritt deshalb der Ansicht B i s c h o f s entgegen, nach welcher Erzgänge nur auf nassem Wege entstanden sein können. Er kommt bei mehreren Gelegenheiten auf derlei Bildungen zurück und glaubt das plutonisch Eruptive und Injective derselben als vollkommen erwiesen. — Einen Ueberblick des ganzen Gebietes der Geologie geben seine populär geschriebenen geologischen Bilder und ein spezielles Werk verbreitet sich über Deutschlands Boden. Es erschien in 2 Theilen (1857 u. 59) und bespricht den geologischen Bau des Bodens und dessen Einfluss auf das Leben des Menschen. Es ist eine an mancherlei Beobachtungen und Reflexionen reiche Darstellung. — Im Jahre 1867 erschien seine „Geologie der Gegenwart“, wovon 1878 die 5. Aufl. ausgegeben wurde. Sie basirt auf dem an die Spitze gestellten

Entwicklungsgesetz, welches er dahin ausspricht, „dass die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen eine nothwendige Folge der Summirung von Resultaten aller Einzelnvorgänge sei.“ Er detailirt die Reihenfolge dieser Vorgänge und bespricht zuletzt die Veränderungen der Organismen, wo er sich Darwins Theorie anschliesst. — In einer grossen Anzahl von Abhandlungen publicirt er seine Beobachtungen über Vorkommen und Lagerung der Felsarten und hat ein grösseres Werk (2 Thle.) der „Lehre von den Erzlagerstätten“ gewidmet und namentlich Gebiete Deutschlands zusammengestellt. Den Kreis seiner Studien erweiterte er durch Reisen in den Alpen und Oberitalien, in Ungarn und Siebenbürgen, Tyrol, Kärnthen, Bannat und Croatien, auch den Ural und Altai besuchte er. —

Man ersieht aus allen Schriften Cotta's seine Liebe zur Wissenschaft und seinen Eifer, sie zum Gemeingut zu machen. Sein Streben ist durch die gewonnenen Resultate vielfach belohnt worden und es fehlte ihm nicht an Auszeichnungen, so durch Orden aus Sachsen, Oesterreich, Russland und Griechenland und durch zahlreiche Diplome von Akademien und gelehrten Gesellschaften.

---

6) J. F. Brandt.

Geb. 1803 zu Jüterbog.
Gest. 1879 am 15. Juli in Petersburg.

Brandt erhielt seine erste wissenschaftliche Bildung am Gymnasium zu Wittenberg, zog dann nach Berlin, wo er medicinische Studien trieb und wurde daselbst 1826 zum Doctor medicinae promovirt. Später wählte er die Botanik und Zoologie zu seinen Fächern und zuletzt widmete er sich ganz der Zoologie in ihren verschiedenen Zweigen. 1830 nach Petersburg berufen, war er anfangs Adjunkt der

Kaiserl. Akademie der Wissenschaften und wurde dann extraordinärer und weiter (1833) ordentlicher Professor. — Er verbreitete seine Forschungen über die Fauna des ganzen Russischen Reiches, sowohl über die lebende als auch über die ausgestorbene mit vielfachen und sorgfältigen Untersuchungen. Voran standen die höheren lebenden Wirbelthiere und die fossilen, das Mamuth, das sibirische Rhinoceros, das Elasmotherium, Dinotherium und die Mastodonten; in gleicher Weise untersuchte er die in Russland gefundenen Reste untergegangener Cetaceen, die Vögel, Reptilien und Fische und das ganze Herr der wirbellosen Thiere. Manche der betreffenden Abhandlungen erschöpfen den Gegenstand in antiquarischer-linguistischer, zoographischer und paläontologischer Beziehung, so die Abhandlung über das Kaninchen. Dabei sind die Verdienste hervorzuheben, die er sich durch die Schaffung des berühmten zoologischen Museums in Petersburg erworben, so dass ihn ein Fachgenosse den Vater der Arche, einen wahren Patriarchen der Zoologie in Russland genannt hat.

Zu seinen früheren Schriften gehören die Observationes anatomicae de instrumento vocis Mammalium (1826) und die „Medicinische Zoologie", welche er in Verbindung mit Ratzeburg herausgegeben hat (1827—34). — Die Verdienste Brandts wurden denn auch durch vielfache Auszeichnungen mit Orden und Diplomen gelehrter Gesellschaften anerkannt. 1876 wurde er zum Doctor der Zoologie an der Universität Dorpat ernannt und zum Ehrendoctor der Philosophie in Greifswalde; die Vaterstadt Jüterbog ernannte ihn zum Ehrenbürger; in allen Thierklassen sind Species ihm zu Ehren benannt worden.

Am 24. Januar 1876 wurde sein 50jähriges Doctorjubiläum in Petersburg in glänzender Weise gefeiert. Bei dieser Gelegenheit wurde mit freiwilligen Beiträgen eine Stiftung gegründet, um sog. Brandt'sche Preise, in Geld-

prämien bestehend, vertheilen zu können. Zur Bewerbung werden Werke zugelassen, welche selbstständige Untersuchungen auf dem Gebiete der Zoologie, Zoographie, der vergleichenden Anatomie und Paläontologie der Thiere enthalten.

Brandt war ein trefflicher Familienvater und sein Verlust ist von zahlreichen Freunden beklagt worden.

Mathematisch-physikalische Classe.

Nachtrag zur Sitzung vom 5. Juli 1879.

Herr v. Nägeli legt folgende, den Ernährungschemismus der niederen Pilze betreffende Abhandlungen vor:

1. „Ernährung der niederen Pilze durch Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen".[1])

Den Pilzen mangelt bekanntlich die den grünen Pflanzen zukommende Fähigkeit, Kohlensäure zu assimiliren. Sie müssen, ähnlich wie die Thiere, den Kohlenstoffbedarf aus höheren Kohlenstoffverbindungen sich aneignen. Man glaubte früher allgemein, der Autorität Liebig's folgend, dass bloss eiweissartige Stoffe ihnen als Nahrung dienen könnten.

Indessen hat Pasteur schon vor längerer Zeit gezeigt, dass die Sprossbefenpilze durch weinsaures Ammoniak und Zucker (1858), Penicillium durch weinsaures Ammoniak allein ernährt werden kann (1860). Die Richtigkeit dieser Thatsachen ist, entgegen dem anfänglich erhobenen Widerspruche, von allen späteren versuchskundigen Beobachtern bestätigt worden. Sie war übrigens bereits nach

---

1) Einige der erläuternden Versuche sind von Hrn. Dr. Oscar Loew ausgeführt worden und am Schlusse beschrieben.

den ersten Angaben Pasteur's unzweifelhaft, welcher nicht nur das Verschwinden des weinsauren Ammoniaks und die gleichzeitige Zunahme der Pilzsubstanz beobachtete, sondern auch nachwies, dass bei Anwendung von Traubensäure allmählich die rechtsdrehende Weinsäure von den Pilzen aufgenommen wird, während die linksdrehende noch in der Flüssigkeit zurückbleibt.

Seitdem sind von verschiedenen Beobachtern einzelne Thatsachen über die Ernährung der Pilze durch Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen festgestellt worden. Es schien mir besonders wünschenswerth, möglichst verschiedene Verbindungen bezüglich ihrer Ernährungstüchtigkeit zu prüfen, um zu ermitteln, welche chemische und physikalische Beschaffenheit sie dazu geeignet oder ungeeignet macht. Zu diesem Zwecke habe ich schon in den Jahren 1868 und 1869, dann gemeinschaftlich mit meinem Sohn, Dr. Walter Nägeli in den Jahren 1870/1 und 1875/6 eine grössere Anzahl von Versuchen ausgeführt, und in neuerer Zeit wurde dieselbe noch von Dr. O. Löw ergänzt.

Die gestellte Frage ist also: Aus welchen Verbindungen vermögen die Pilze die Elemente C, H, O, N zu entnehmen, um ihre Substanz zu vermehren? Wir können dabei die Elemente H und O ausser Acht lassen, weil dieselben entweder in den Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen enthalten sind oder dem Wasser und dem freien Sauerstoff entnommen werden. Es handelt sich also nur um C und N.

Zwei allgemeine Bemerkungen betreffend die Löslichkeit und die Giftigkeit der Verbindungen will ich vorausschicken. Selbstverständlich können solche Verbindungen, die in Wasser bei gewöhnlicher Temperatur unlöslich sind, nicht ernähren. Dies gilt aber auch von schwerlöslichen Stoffen. Die Schwerlöslichkeit deutet zwar an, dass das Wasser nur eine geringe Verwandtschaft zu ihnen hat, und

somit ist anzunehmen, dass von den kleinen Mengen, die in Lösung gehen, die lebende Pilzsubstanz immer einen Theil aufzunehmen und zu assimiliren vermag. Aber da die Pilzzellen durch Oxydation und Ausscheidung stets einen grossen Gewichtsverlust erleiden, so reicht die langsame Assimilation in sehr verdünnten Lösungen nicht aus, um denselben zu decken. Wenn daher eine schwerlösliche Substanz nicht zu ernähren vermag, so muss die Ursache nicht etwa nothwendig in ihrer chemischen Constitution gesucht werden.

Bezüglich der Giftigkeit der Verbindungen, so ist dieselbe bekanntlich eine durchaus relative Eigenschaft, indem die schädliche Wirkung bei einer bestimmten Verdünnung aufhört. Demgemäss giebt es Gifte oder antiseptische Substanzen, welche in einer gewissen Concentration die beste Nährlösung zur Ernährung untauglich machen, während sie in viel geringerer Concentration selbst als Nahrung dienen. Damit ist jedoch nicht gesagt, dass jede giftige C- und N-verbindung, die ihrer chemischen Constitution nach assimilationsfähig wäre, auch wirklich das Wachsthum der Pilzzellen unterhalten kann. Lösliche Substanzen, die den höchsten Grad der Schädlichkeit erreichen, werden erst bei so weitgehender Verdünnung unschädlich, dass sie nicht mehr ernähren können. Und zwar tritt die Ernährungsunfähigkeit schon früher ein, als bei den schwerlöslichen unschädlichen Verbindungen, weil eine leichter lösliche Substanz bei gleich grosser Verdünnung von dem Wasser fester zurückgehalten und daher von den Pilzzellen demselben weniger leicht entzogen wird.

Was nun zuerst den S t i c k s t o f f betrifft, so vermag derselbe aus allen Verbindungen angeeignet zu werden, die man als Amide und Amine bezeichnet. Dabei ist es gleichgültig, ob der Kohlenstoff der Verbindung zur Ernährung verwendet werden kann oder nicht. Während

Acetamid, Methylamin, Aethylamin, Propylamin, Asparagin, Leucin, zugleich als C- und als N-nahrung dienen, kann aus Oxamid und Harnstoff bloss N (nicht C) entnommen werden. Als Stickstoffquelle können die Pilze ferner alle Ammoniaksalze und die einen derselben auch die salpetersauren Salze verwenden.

Bezüglich der einfachsten der genannten Verbindungen ist zu bemerken, dass es von der Art und Weise, wie ein Versuch angestellt wird, abhängt, ob derselbe eine Vermehrung der Pilze zeigt oder nicht. Man darf sich daher durch negative Resultate nicht irre führen lassen. Besonders kann schon eine geringe Concentration der Lösung sich als zu hoch gegriffen und demnach als nachtheilig erweisen. In dem später unter Nr. 35 angeführten Versuch haben sich die Spaltpilze in einer 0,5 prozentigen Lösung von salzsaurem Methylamin ziemlich reichlich, in den unter Nr. 59 und 60 angeführten Versuchen in einer 1 und 1,25 prozentigen Lösung gar nicht vermehrt.

Dagegen kann der freie Stickstoff nicht assimilirt werden, ebenso nicht der Stickstoff aus Cyan und aus allen Verbindungen, in denen er nur als Cyan enthalten ist (Versuch 62,a). Wenn solche Verbindungen zuweilen als Stickstoffquelle zu dienen scheinen, so geschieht es wohl nur desswegen, weil aus dem Cyan vorher unter Wasseraufnahme Ammoniak abgespalten wird, was durch die Gärwirkung der Spaltpilze verursacht werden kann. Möglicherweise war Letzteres bei den Versuchen 62 a und b der Fall, wo weder Schimmel- noch Sprosspilze, sondern nur Spaltpilze wachsthumsfähig waren.

Uebrigens hat man sich bei spärlichen Pilzvegetationen immer die Frage vorzulegen, ob dieselben ihren Stickstoffbedarf nicht etwa aus Verunreinigungen der andern Nährstoffe (z. B. des Zuckers) decken konnten, und wenn die Versuche lange dauern, ob nicht das aus der Luft von der

Nährlösung aufgenommene Ammoniak den Stickstoff geliefert habe.

Vergleichen wir Ammoniak und Salpetersäure mit einander, so ist bemerkenswerth, dass während die Schimmelpilze und die Spaltpilze die Salpetersäure assimiliren können, die Sprosspilze wohl durch Ammoniak aber nicht durch Salpetersäure ernährt werden. Auf die letzteren wirkt die Anwesenheit der Salpetersäure kaum günstiger, als wenn gar keine Stickstoffquelle vorhanden wäre, indem die eine Zeit lang vegetirende und sich fortpflanzende Sprosshefe zwar durch Bildung von Cellulose und Fett ihr Gesammtgewicht etwas vermehrt, den gesammten Stickstoffgehalt aber bedeutend vermindert (Versuch 55, b, c, d).

Die Resultate bei der Kultur der Schimmelpilze sind noch zweifelhaft. In einem Falle schien salpetersaures Ammoniak sich besonders günstig zu verhalten (vgl. Versuch 15 mit 13), während andere Male dasselbe keine grössere Ernte ergab als essigsaures Ammoniak (Versuche 14 und 16) oder als salpetersaures Kali (Versuch 58 b und c). Eine bessere Stickstoffquelle als Ammoniaksalze und Nitrate scheint der Harnstoff zu sein (Versuche 18, 19, 20, 58 d). — Was die Spaltpilze betrifft, so können manche von Salpetersäure wohl leben, zeigen aber mit Ammoniak ein entschieden besseres Gedeihen.

Es ist übrigens zu bemerken, dass die Salpetersäure nicht als solche assimilirt, sondern vorher in Ammoniak umgewandelt wird, und dass es somit wesentlich von dem Reductionsvermögen der Pilze abhängt, ob sie dieselben ernähren kann oder nicht (Versuch 57, 58).

Suchen wir einen allgemeinen Ausdruck für die Ernährungstüchtigkeit der Stickstoffverbindungen, so können wir wohl sagen, dass der Stickstoff am leichtesten assimilirt wird, wenn er als NH_3 vorhanden ist, weniger leicht,

wenn er nur mit einem Wasserstoffatom verbunden ist (als N H), noch weniger leicht, wenn er als N O (ohne H) vorkommt, und dass er gar nicht assimilirt zu werden vermag, wenn er mit anderen Elementen als mit H und O verbunden ist. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass in einer solchen Verbindung durch die oxydirende Wirkung der Pilze selbst zuerst die Gruppe N O und aus derselben dann durch Reduction NH_2 entstehen kann. Dies ist wohl der Fall mit Trimethylamin und Triaethylamin.

Was die Quellen des Kohlenstoffs betrifft, so kann derselbe aus einer grossen Menge von organischen Verbindungen aufgenommen werden, wobei zu bemerken ist, dass für Schimmelvegetation die Lösungen beträchtlich sauer, für Spaltpilzvegetationen ziemlich alkalisch sein dürfen. Es ernähren bei Zutritt von Sauerstoff fast alle Kohlenstoffverbindungen, mögen sie sauer, indifferent oder alkalisch sein, sofern sie in Wasser löslich und nicht allzu giftig sind. Die allzu sauren oder alkalischen Eigenschaften müssen durch (unorganische) Basen oder Säuren abgestumpft werden. Die Unlöslichkeit oder Schwerlöslichkeit ist Schuld, warum die an Kohlenstoff und Wasserstoff reichen, an Sauerstoff armen Verbindungen nicht nähren. Die Humussubstanzen können für Schimmel- und Spaltpilze als Kohlenstoffquelle dienen, insofern sie löslich sind. Das aus Zucker künstlich dargestellte Humin zeigte sich ernährungsuntüchtig, ohne Zweifel wegen seiner Unlöslichkeit. Von nährenden schwächer antiseptischen Stoffen nenne ich beispielsweise Aethylalkohol (Versuch 34), Essigsäure (Versuch 2, 3, 4, 5, 6), von stärker antiseptischen Stoffen Phenol (Carbolsäure), Salicylsäure, Benzoësäure (Versuch 30, 31).

Es giebt aber einige Verbindungen, aus denen trotz ihrer nahen chemischen Verwandtschaft mit nährenden Substanzen die Pilze den Kohlenstoff nicht zu assimiliren

vermögen. Dahin gehören, ausser den unorganischen Verbindungen Kohlensäure und Cyan, die sog. organischen: Harnstoff, Ameisensäure, Oxalsäure, Oxamid (Versuch 17, 29, 26, 27, 37).

Versuchen wir den allgemeinen Charakter der assimilirbaren Kohlenstoffverbindungen festzustellen, so besteht die Bedingung wohl darin, dass sie die Gruppe CH_2 oder bloss CH enthalten. Vielleicht ist aber die Beschränkung beizufügen, dass die letztere Gruppe CH nur dann ernährt, wenn 2 oder mehrere C-atome, an welchen H hängt, unmittelbar mit einander verbunden sind. Es ernährt nämlich einerseits Methylamin (mit 1 C und 3 H), andrerseits Benzoësäure (eine Kette von C-atomen, jedes mit 1 H) sicher, während Ameisensäure, in welcher an 1 C nur H und OH haften und ebenso Methylalkohol nicht assimilirt werden was indessen auch auf Rechnung ihrer antiseptischen Eigenschaften in Verbindung mit der ziemlich schweren Zersetzbarkeit kommen kann. [2])

Dagegen kann der Kohlenstoff nicht assimilirt werden, wenn er unmittelbar nicht mit H, sondern nur mit andern Elementen zusammenhängt, wie dies in der Cyangruppe, ferner beim Harnstoff und der Oxalsäure nebst deren Abkömmlingen (Oxamid) der Fall ist. In diesen Verbindungen sind an C bloss N-, O- und C-atome befestigt.

Es besteht eine grosse Verschiedenheit in der Ernährungstüchtigkeit der verschiedenen Kohlenstoffverbindungen. Vom Standpunkte der morphologischen oder Constitutionschemie aus werden wir wohl annehmen dürfen, dass Verbindungen am leichtesten assimilirt werden, welche bereits

---

2) Die Ernährungsuntüchtigkeit von Verbindungen wie Chloral, Pikrinsäure, Chinin, Strychnin (Versuch 64) mag theils auf den antiseptischen Eigenschaften der Verbindungen oder der bei der Assimilation freiwerdenden Reste, theils auf dem Umstande beruhen, dass noch nicht die günstigste Zusammensetzung der Nährlösung gefunden wurde.

eine Atomgruppe besitzen, wie sie die zu bildende Substanz bedarf, und dass eine Verbindung um so weniger ernährt, je unvollständiger sie diese Gruppe enthält. Wir kennen nun zwar das erste Assimilationsprodukt der Pilzvegetation nicht und dürfen auch den Vorgang in den Pflanzengeweben, in welchen bei Anwesenheit des Chlorophylls Kohlensäure assimilirt wird, nicht etwa als Analogie benützen. Wenn wir aber die Ergebnisse der Ernährungsversuche bei Pilzen für eine Theorie verwenden wollen, so können wir vielleicht sagen, dass jene in dem ersten Assimilationsprodukt enthaltene Atomgruppe aus 2 oder eher 3 unmittelbar miteinander in einer Kette zusammenhängenden C-atomen, an denen unmittelbar sowohl H- als O-atome befestigt sind, bestehen muss, und dass durch Verdoppelung daraus zunächst eine (4 oder) 6 C-atome enthaltende Gruppe sich bildet. Findet dies wirklich statt, so begreifen wir die aus den Versuchen sich ergebenden Resultate, dass unter übrigens gleichen Umständen Verbindungen mit 1 C-atom am schwierigsten (Methylamin) oder gar nicht (Ameisensäure, Chloral) assimilirt werden, dass mit der steigenden Zahl der unmittelbar zusammenhängenden C-atome die Assimilation besser von Statten geht, (Leucin mit 6 C ernährt besser als Asparagin mit 4 C), dass es ferner günstiger ist, wenn an den C-atomen nicht bloss H-atome sondern auch O oder OH befestigt sind (die Gruppe CH_2OH verhält sich unter übrigens gleichen Umständen günstiger als CH_3, ebenso CH_2-CHO günstiger als CH_2-CH_3), und dass Verbindungen mit mehreren C-atomen oder C-gruppen, die durch N oder O verbunden sind, nicht besser ernähren als solche, in denen die Gruppe nur einmal vorhanden ist (Trimethylamin nicht besser als Methylamin).

Auf die Constitution der in dem ersten Assimilationsprodukt enthaltenen Atomgruppe lässt sich aus der Be-

schaffenheit der nährenden Verbindungen kein Schluss ziehen, weil in den letzteren die entscheidende Gruppe offenbar ungleich constituirt ist und weil dessnahen Wanderungen der an der Kohlenstoffkette hängenden H- und O-atome bei der Assimilation angenommen werden müssen.

Ausser der chemischen Constitution der Nährverbindungen spielt aber jedenfalls noch ein anderer Umstand eine wesentliche Rolle bei der Assimilation. Die lebende Zelle wird unter übrigens gleichen Umständen diejenigen Substanzen am leichtesten zur Ernährung benutzen, für deren Assimilation sie die geringste Kraft aufwenden muss, — also diejenigen Substanzen, die von verschiedenen chemischen Mitteln am ehesten angegriffen und umgesetzt werden. Doch ist natürlich nur ganz im Allgemeinen ein Vergleich möglich, da ja die chemischen Verbindungen zu den verschiedenen Arten der Zersetzung sich nicht gleich verhalten, und da die Assimilation nichts anderes ist als eine besondere Art der Zersetzung, die mit den übrigen Zersetzungen bis zu einer bestimmten Grenze übereinstimmt, während sie im Einzelnen sich im Gegensatze zu ihnen befindet.

Doch macht uns dieser Gesichtspunkt manche Thatsache begreiflich, so z. B. warum Benzoësäure und Salicylsäure besser ernähren als Phenol (Carbolsäure), warum Ameisensäure schwer oder gar nicht assimilirt wird, warum die Fettsäuren überhaupt ungünstig und die Essigsäure günstiger ist als die höheren Glieder, warum die Glycosen sich als die vorzüglichsten Kohlenstoffquellen erweisen.

Wie durch das Zusammenwirken der chemischen Constitution und der chemischen Widerstandsfähigkeit eine bestimmte Assimilationsfähigkeit bedingt wird, lässt sich einigermassen erkennen, wenn man die Kohlenstoffquellen nach dem Grade ihres Nährwerthes in eine Reihe ordnet. Wir können etwa folgende Stufen unterscheiden, wobei die

günstigen Wirkungen der Gärthätigkeit der Pilzzellen und die ungünstigen der Giftigkeit der Verbindungen ausgeschlossen sind:

1. Die Zuckerarten.
2. Mannit; Glycerin; die Kohlenstoffgruppe im Leucin.
3. Weinsäure; Citronensäure; Bernsteinsäure; die Kohlenstoffgruppe im Asparagin.
4. Essigsäure; Aethylalkohol; Chinasäure.
5. Benzoësäure; Salicylsäure; die Kohlenstoffgruppe im Propylamin.
6. Die Kohlenstoffgruppe im Methylamin; Phenol.

Diese Stufenreihe hat nur bedingte Gültigkeit. Es giebt verschiedene Ursachen, welche die Ernährungsversuche mit Pilzen rücksichtlich ihrer Vergleichung unter einander erschweren. Ich werde nachher noch auf dieselben zu sprechen kommen. Bei der vorliegenden Frage tritt ein spezifischer Umstand in den Vordergrund. Die verschiedenen Nährverbindungen können als Kohlenstoffquelle nur dann in strengem Sinne vergleichend geprüft werden, wenn die Stickstoffquelle die nämliche ist, und ebenso als Stickstoffquelle nur dann, wenn die Kohlenstoffquelle sich gleich verhält. Oft aber sind beide verschieden. Wenn z. B. eine Nährlösung weinsaures Ammoniak, die andere Zucker und Methylamin enthält, so ist es zweifelhaft, wie viel jede der stickstoff- und kohlenstoffhaltigen Verbindungen zu dem Versuchsresultat beigetragen hat. Man kann zwar noch zwei andere Nährlösungen herstellen, von denen die eine Methylamin und Weinsäure mit einer unorganischen Basis, die andere Zucker und Ammoniak mit einer unorganischen Säure enthält. Man hat dann zwei Versuche mit der gleichen Stickstoffquelle und mit ungleichen Kohlenstoffquellen und zwei mit der gleichen Kohlenstoffquelle und mit ungleichen Stickstoffquellen. Eine

strenge Vergleichbarkeit ist aber damit doch nicht erreicht, denn einmal bleibt es fraglich, ob das Ammoniak in Verbindung mit Zucker die nämliche Assimilationsfähigkeit besitze wie mit Weinsäure, und der nämliche Zweifel besteht für die Wirksamkeit jeder der übrigen Verbindungen, — und ferner sind nicht bloss die Stickstoff- und Kohlenstoffquellen in den Versuchen vertauscht, sondern es sind auch die unorganischen Bestandtheile der Nährlösungen verändert worden, weil die Weinsäure und das Ammoniak neutralisirt werden mussten; die Wirksamkeit der organischen Verbindungen kann aber nur verglichen werden, wenn die unorganischen gleich sind. Ueberdem kann man bei Substanzen, die zugleich die Stickstoffquellen und die Kohlenstoffquellen enthalten, besonders wenn die Konstitution, wie bei den Albuminaten, unbekannt ist, auf dem Wege des Versuchs auch nicht annähernd die Wirkung der einen und andern bestimmen.

Es ist daher von wissenschaftlichem Interesse die Assimilationsfähigkeit der vereinigten Stickstoff- und Kohlenstoffquellen zu kennen. Der praktische Nutzen, den die Kenntniss der Ernährungstüchtigkeit ganzer Nährlösungen gewährt, ist ohnehin selbstverständlich. Ich kann hierüber aber nicht viel mehr sagen, als was schon in der Mittheilung vom 3. Mai angegeben wurde. Wenn wir nur die Assimilation ohne Gärthätigkeit und ferner nur diejenigen Stoffe berücksichtigen, welche in grösserer Menge löslich sind, ohne giftig zu wirken, so können wir als eine von den besser zu den schlechter nährenden Substanzen fortschreitende Stufenreihe folgende anführen:

1) Eiweiss (Pepton) und Zucker,
2) Leucin und Zucker,
3) weinsaures Ammoniak oder Salmiak und Zucker,
4) Eiweiss (Pepton),
5) Leucin,

6) weinsaures Ammoniak, bernsteinsaures Ammoniak, Asparagin,

7) essigsaures Ammoniak.

Diese Stufenfolge für die Assimilationsfähigkeit wurde an einer Versuchsreihe mit Schimmelpilzen (Penicillium) gewonnen. Viele andere kleinere Versuchsreihen sowohl mit Schimmelpilzen als mit Spross- und Spaltpilzen stimmen damit im Allgemeinen überein. Die Vereinigung Pepton und Glycose, in welche Verbindungen Eiweiss und Rohrzucker oder Milchzucker zunächst umgewandelt werden, bildet mit einer nachher zu erörternden Beschränkung, mag Gärung stattfinden oder nicht, das beste Nährmaterial. So ergab beispielsweise die 1 prozentige Zuckerlösung mit 1 Proz. Pepton eine 4 mal so grosse Zunahme der Sprosshefe als mit 1 Proz. weinsaurem Ammoniak, obgleich die vorhandene Gärthätigkeit ausgleichend wirkte (Versuch 54). Daraus ist es zu erklären, dass Flüssigkeiten aus Pflanzen und Thieren und Absude von pflanzlichen und thierischen Geweben meistens eine so lebhafte Vegetation niederer Pilze hervorbringen.

Bemerkenswerth und einigermassen überraschend ist die ausserordentlich günstige Wirkung der Beigabe von Zucker. Sie kann ja leicht erklärt werden, wenn Gärung stattfindet, weil Zucker in grösserer Menge zerlegt wird und dabei eine grössere Menge von Spannkraft frei werden lässt, als es bei anderem Gärmaterial der Fall ist. Aber der Zucker scheint seine günstige Wirkung auch zu äussern, wenn er wie bei Schimmelpilzkulturen nicht vergärt. Allerdings sind die in der Mittheilung vom 3. Mai angeführten Versuche noch nicht ganz entscheidend, da sie zu anderem Zwecke angestellt, nicht gleiche Mengenverhältnisse in den Nährlösungen sich vorsetzten. Wenn in der Versuchsreihe mit Schimmelpilzen, welche in der Mittheilung vom 3. Mai beschrieben ist, 0,8 Prozent Salmiak und 4,8 Prozent Zucker

in 34 Tagen 1,5 g Ernte gaben, dagegen 1 Prozent Albumin in 52 Tagen nur 0,86 g Ernte, — wenn ferner 1 Prozent weinsaures Ammoniak, 1 Prozent Weinsäure und 3 Prozent Zucker 2,3 g Ernte, dagegen 1 Prozent Albumin oder 1 Prozent Pepton bloss 0,5 g Ernte lieferten, so hatte jedenfalls der mit der Zuckerzugabe verbundene bedeutend grössere Prozentgehalt der Nährlösung einigen Einfluss auf das grössere Erntegewicht. Es ist aber doch fraglich, ob er dasselbe vollständig zu erklären vermöge und ob nicht ausserdem noch eine spezifische, vorerst nicht zu erklärende günstige Wirkung der Glycose auf die Assimilation anzunehmen sei. Weitere Versuche, die speziell zu diesem Behufe anzustellen sind, müssen darüber Aufschluss geben.

Ich habe bereits auf die Schwierigkeit hingewiesen, auf welche die Vergleichung der Kohlenstoffquellen unter sich oder der Stickstoffquellen unter sich stösst. Diese Schwierigkeit fällt nun allerdings hinweg, wenn man die ganzen Nährlösungen bezüglich ihrer Ernährungstüchtigkeit vergleicht, und man könnte dessnahen meinen, dass eine Reihe richtig angestellter Versuche uns unschwierig darüber Aufschluss geben sollte. Eine genauere Ueberlegung zeigt uns aber, dass; auch wenn alle experimentellen Bedingungen, die in unserer Macht liegen, erfüllt sind, noch mehrere störende Umstände zurückbleiben, die wir nicht beseitigen können.

Zu den Versuchsbedingungen, die sich mit gehöriger Vorsicht herstellen lassen, gehört vor Allem, dass nur gleiche Pilze mit einander verglichen werden, weil verschiedene Gattungen und selbst die nächst verwandten Formen sich ungleich verhalten können. So vermögen Schimmelpilze und gewisse Spaltpilze die Salpetersäure zu assimiliren, andere Spaltpilze und die Pilze der Wein- und Bierhefe dagegen nicht. So wachsen nach den Beobacht-

ungen von Dr. Hans Buchner die Heubacterien in Asparagin- und Leucinlösungen, indess die von denselben abstammenden (also nur varietätlich von denselben verschiedenen) Milzbrandbacterien nicht durch Asparagin und Leucin und überhaupt nur durch Eiweiss und Eiweisspeptone ernährt werden.

Bei vielen Versuchen ist eine strenge Reinkultur nicht erforderlich; es genügt, dass eine Pilzform in weit überwiegender Menge sich entwickele. Will man eine Schimmelvegetation mit Ausschluss der Spaltpilze erhalten, so muss die Nährlösung hinreichend sauer gemacht werden, wozu in Flüssigkeiten mit Ammoniaksalzen oder mit wenig Zucker, mit wenig Eiweiss etc. 0,5 Prozent Phosphorsäure und weniger genügen, in reicheren Nährflüssigkeiten dagegen bis 1 Prozent erforderlich ist. Sollen aber nur Spaltpilze wachsen und die Schimmelpilze ausgeschlossen werden, so reicht die neutrale Reaction dazu in der Regel hin; nöthigenfalls kann sie schwach alkalisch gemacht werden. Dabei ist noch zu bemerken, dass die Sprosspilze sich im Allgemeinen verhalten wie die Schimmelpilze und sehr häufig zugleich mit denselben auftreten, dass sie aber wegen ihrer viel geringeren Menge das Resultat meistens nicht stören.

Soll bei einer Versuchsreihe nur eine einzige bestimmte Pilzform wachsen, so dürfen in hinreichend ausgekochte pilzfreie Nährflüssigkeiten bloss Keime dieser Form gebracht werden. Um dies zu bewerkstelligen, bedarf es besonderer Vorsichtsmassregeln, die bis jetzt von den Beobachtern fast ausnahmslos vernachlässigt oder wenigstens nicht in vollkommen befriedigender Weise angewendet wurden.

Um eine ausschliessliche Schimmelvegetation zu erhalten, genügt es nicht, Schimmelsporen in das pilzfreie Glas einzutragen, denn mit denselben kommen immer auch Spaltpilze und zuweilen selbst Sprosspilze hinein. Ueber-

haupt ist es äusserst schwer, die winzigen Spaltpilze auszuschliessen, und es giebt wohl kaum ein anderes sicheres Mittel als folgendes, welches ich früher (1868) mehrfach anwendete, um zu zeigen, dass aus Schimmelpilzen sich weder Spaltpilze noch Saccharomyces entwickeln. Ein mit Blase zugebundenes Glas, welches die Nährflüssigkeit enthält, wird durch Erhitzen auf 120° C pilzfrei gemacht, die Blase dann mit Schimmelsporen bestreut und nur so lange durch Bedeckung mit einer Glasglocke feucht gehalten, bis die Schimmelfäden durch die Blase hindurch und längs der Glaswandung in die Flüssigkeit hinunter gewachsen sind. Statt der Blase kann auch ein Baumwollpfropf als Verschluss dienen. Auf diese Weise erhält man eine reine Schimmelvegetation ohne eine Spur von Spaltpilzen oder Saccharomyceszellen. — Mehrere in dieser Weise behandelte Gläser blieben 5 Jahre lang stehen, bis die Flüssigkeit vertrocknet war. Sie enthielten keine andern Organismen als Schimmelpilze. Andere Gläser, die schimmelfrei eintrockneten, waren ebenfalls nach 5 Jahren ganz frei von Pilzen und enthielten die unveränderten Nährstoffe.

Wenn eine bestimmte Art von mikroskopischen Pilzen ausschliesslich kultivirt werden soll, so lässt sich dies nur selten dadurch erreichen, dass man alle übrigen Formen bis auf die eine tödtet, z. B. durch Hitze. Gewöhnlich muss man auf einem andern Wege zu einer Reinkultur zu gelangen suchen und dann aus dieser die zu prüfenden Nährlösungen infiziren. Ich habe mir in den Jahren 1870 und 1871, theils um den Nichtübergang von Saccharomyces in Spaltpilze und umgekehrt darzuthun, theils um bei kleineren Versuchen mit Luftabschluss bloss eine einzige Pilzform zu haben, Reinkulturen auf zweierlei Art verschafft, und ich kenne auch jetzt noch kein anderes Mittel, um sie sicher zu erhalten.

Das eine Verfahren beruht auf der Thatsache, dass

die Gärthätigkeit eines Pilzes sein eigenes Wachsthum sehr befördert, dagegen die Ernährung und die Vermehrung der übrigen Pilze benachtheiligt. Mit Benützung dieser Thatsache kann man im Laufe einiger auf einander folgender Züchtungen durch Verdrängung der Mitbewerber leicht eine vollkommen reine Sprosshefe, weniger leicht einige reine Spaltpilzformen erlangen. Ich verweise hierüber auf das in der „Theorie der Gärung" Gesagte. [3])

Das andere Verfahren besteht darin, in eine pilzfreie Nährlösung womöglich einen einzigen Pilzkeim zu bringen, sodass die erwachsende Pilzvegetation bloss aus den Nachkommen desselben besteht. Zu diesem Zweck muss eine pilzführende Flüssigkeit, welche die gewollte Form in überwiegender Menge enthält, durch Wasser auf eine hinreichende Verdünnung gebracht werden. Das Verfahren wird am besten durch die Mittheilung eines bestimmten Versuches (1871) deutlich werden. Aus faulem Harn, in welchem sich ausser Micrococcus auch Stäbchen (Bacterien) befanden, sollte ersterer rein erhalten werden. Ein Tropfen, welcher etwa 0,03 ccm fasste und etwa 500000 Pilze enthielt, wurde in 30 ccm pilzfreies Wasser gegeben. Aus dieser 1000fach verdünnten Flüssigkeit wurde, nachdem sie durch Schütteln wohl gemischt war, abermals ein Tropfen in 30 ccm Wasser eingetragen und somit eine millionfache Verdünnung hergestellt, in welcher je der zweite Tropfen (von 0,03 ccm) durchschnittlich einen Pilz enthalten musste. Von 10 pilzfreien Gläsern, von denen jedes mit einem Tropfen infizirt wurde, blieben 4 ohne Vegetation, in einem bildeten sich Bacterien und in 5 die gewünschten Micrococcuszellen.

---

3) Abhandl. d. k. b. A. d. W. II. Cl. XIII. Bd. II. Abth. 140 (66). Sep.-Ausg. 76.

Eine zweite Bedingung für vergleichbare Versuche ist die, dass jede Gärthätigkeit ausgeschlossen sei. Da diese das Wachsthum so ausserordentlich befördert, so wird die Vergleichung der Assimilationsfähigkeit zweier Nährsubstanzen, von denen die eine gärfähig ist, die andere nicht, unmöglich. Wenn man Schimmelpilze einerseits mit Zucker und anderseits mit Glycerin ernährt, so erhält man Resultate, welche genau dem Nährwerth der beiden Verbindungen entsprechen. Bringt man dagegen Sprosspilze (Saccharomyces) in die nämlichen zwei Nährlösungen, so wachsen dieselben in der Zuckerlösung unvergleichlich viel besser, weil sie darin Gärung verursachen. Das Glycerin ernährt sie nach dem seiner Constitution zukommenden Werthe, der Zucker dagegen ernährt sie nicht bloss nach Massgabe seiner Constitution, sondern überdem noch vermöge der Spannkraft, welche bei der Gärung frei und auf das lebende Plasma übertragen wird. — Die Spaltpilze können verschiedene Gärungen bewirken und sie schöpfen aus jeder derselben eine andere Kraftmenge. Man hat sich daher bei vergleichenden Ernährungsversuchen, die manmit Spross- und mit Spaltpilzen anstellt, immer die Frage vorzulegen, ob bei dem einen oder andern Versuch Gärung stattgefunden und um wie viel dieselbe wohl das Wachsthum begünstigt habe.

Zu den Umständen, welche bei Ernährungsversuchen mit verschiedenen Verbindungen nicht gleich gemacht werden können und daher störend sind, gehört die spezifische Wirkung, welche die Verbindungen, abgesehen von ihrer Assimilationsfähigkeit, auf die lebende Zelle ausüben. Ich habe bereits oben bei einer verwandten Frage von dieser Wirkung gesprochen. Sie besteht darin, dass jede Verbindung bei einer gewissen Concentration der Lösung die Lebensenergie herunterstimmt. Diese schädliche Concentration ist für jede Verbindung eine andere; für jede

Verbindung ist daher auch das Optimum der Concentration, bei welcher sie einen bestimmten Pilz am besten ernährt, ein anderes. Da nun bei vergleichenden Versuchen die Flüssigkeiten äquivalente Mengen von Nährstoffen enthalten müssen, so sind die Lösungen ungleich weit von ihrem Optimum entfernt, und man läuft überdem Gefahr, dass die eine oder andere Lösung einen geradezu schädlichen Concentrationsgrad erreicht habe. Es kann dieser Punkt nicht genug berücksichtigt werden, wenn man die Beziehung zwischen chemischer Constitution und Assimilationsfähigkeit beurtheilen will. Giebt es doch Verbindungen, welche an und für sich gut ernähren würden, wenn nicht ihre giftigen Eigenschaften sie schon in sehr verdünnter Lösung dazu untauglich machten.

Ein zweiter Umstand, welcher die Vergleichung der Versuche beeinträchtigt und nicht beseitigt werden kann, ist die ungleiche Fähigkeit der Nährverbindungen zu diosmiren. Derselbe macht sich besonders fühlbar beim Zusammenhalte der Albuminate und der ihnen nahestehenden Stoffe mit den krystallisirenden Nährsubstanzen. Die Pilzzellen müssen die Albuminate, um sie aufnehmen zu können, zuerst in eine diosmirende Form umwandeln. Von Peptonen giebt es bekanntlich verschiedene Modificationen, solche die den Albuminaten näher stehen und weniger gut diosmiren, und solche, die mehr verändert sind und besser durch Membranen hindurch gehen. Die Pilze müssen daher auch, wenn sie mit schwer diosmirenden Peptonen ernährt werden, zuerst durch ein ausgeschiedenes Ferment die Peptonisirung vollenden.

Dieser Process verläuft nicht nur bei verschiedenen Pilzen ungleich rasch, indem die meisten Spaltpilze sehr energisch, die Schimmelpilze weniger gut und die Sprosspilze fast gar nicht zu peptonisiren vermögen. Sondern es übt auch die Beschaffenheit der Nährlösung, namentlich

die Reaction derselben einen entscheidenden Einfluss aus. Viele Spaltpilze peptonisiren das Eiweiss in neutralen und in ziemlich stark alkalischen Lösungen sehr gut; die Schimmelpilze peptonisiren es noch in schwach sauren Flüssigkeiten, z. B. in $^1/_2$ proz. Phosphorsäurelösung ziemlich rasch, dagegen sehr langsam in 1 proz. Phosphorsäurelösung.

Wenn es sich also um Vergleichung von Albuminaten mit anderen Nährsubstanzen handelt, so ist zu berücksichtigen, welche Wahrscheinlichkeit der Peptonisirung unter den vorliegenden Umständen gegeben sei, und wenn Peptone verglichen werden sollen, so ist die Frage, welche Beschaffenheit und besonders welche Fähigkeit zu diosmiren dieselben schon besitzen und ob sie von den Pilzzellen noch verändert werden müssen. Man darf nicht etwa sagen, die Albuminate seien, weil sie von den Zellen nicht aufgenommen werden, überhaupt ernährungsuntüchtig. Dies trifft allerdings für gewisse Pilze und gewisse Umstände zu, während für andere Pilze und andere Umstände die Eiweissstoffe zu den allerbesten Nährsubstanzen gehören.

Andere störende Umstände sind die ungleiche Löslichkeit der Verbindungen und die damit zusammenhängende ungleiche Anziehung zu Wasser, — ferner ihre ungleiche Oxydationsfähigkeit, die bei Pilzkulturen eine so wichtige Rolle spielt, — ihr ungleiches Verhalten zur Temperatur, indem für jede Verbindung und einen bestimmten Pilz ein anderer Wärmegrad als Optimum erscheint, — dann der Luftzutritt, welcher bezüglich seiner grösseren oder geringeren Ausgiebigkeit einen so entscheidenden Einfluss auf das Wachsthum der Pilze ausübt und der doch mit Sicherheit fast nie in ganz gleicher Weise hergestellt werden kann. Ich will nicht näher auf diese Umstände eintreten. In manchen Fällen sind sie ohne Bedeutung; in andern aber können

sie das Kulturergebniss wesentlich beeinflussen, wesshalb sie nie ausser Acht gelassen werden dürfen. [4])

Endlich giebt es einen Umstand, der bei allen Ernährungsversuchen mitspielt und jedes Mal das Resultat in eigenthümlicher, nicht genau zu schätzender Weise mitbedingt. Er besteht darin, dass die Nährlösung durch die Pilzvegetation verändert wird, wodurch sie für die nämlichen oder für andere Pilze bald günstiger bald ungünstiger ausfällt. Wie schon längst bekannt ist, hört bei der Milchsäuregärung das Wachsthum der Spaltpilze nach einiger Zeit auf, wenn nicht die Säure durch Kalk neutralisirt wird. In diesem Falle haben wir es zwar mit einer Gärwirkung zu thun, welche die Flüssigkeit immer saurer und für das Gedeihen der Spaltpilze schädlicher macht. Aber die Ernährung selbst, wenn auch alle Gärwirkung mangelt, führt ebenfalls, zwar langsamere, doch oft sehr bemerkenswerthe Modificationen herbei. Besteht die Nährsubstanz z. B. in essigsaurem Ammoniak, so wird die Flüssigkeit durch kohlensaures Ammoniak alkalisch, indem schon bei der blossen Eiweissbildung auf 6 Molecüle essigsaures Ammoniak, ohne Berücksichtigung der Oxydation, 3 Ammoniak frei werden. Der Vorgang bei dieser Assimilation wird durch folgende Gleichung deutlich:

4) Was den Luftzutritt betrifft, so muss wenigstens als Bedingung festgehalten werden, dass die Pilze der zu vergleichenden Kulturen sämmtlich entweder an der Oberfläche der Nährlösungen oder untergetaucht in denselben leben. Viele Pilze (Schimmel-, Spross- oder Spaltpilze) können entweder als Decke auf der Flüssigkeit oder als Flocken in derselben wachsen, und zwar lässt sich, wenn die Gärthätigkeit ausgeschlossen ist, der eine oder andere Zustand beliebig hervorbringen, indem die Deckenbildung dem lebhafteren, die Bildung untergetauchter Flocken dem trägeren Wachsthum entspricht. Man kann beispielsweise einen deckenbildenden Pilz in einen untergetauchten verwandeln, indem man ihn in eine verdünntere Nährlösung oder in die nämliche Nährlösung, die eine antiseptische Verbindung enthält, umzüchtet.

$$\text{36 essigsaures Ammoniak } C_{72}\,H_{252}\,N_{36}\,O_{72} = \left\{\begin{array}{lllll} \text{1 Albumin} & C_{72} & H_{112} & N_{18} & O_{22} \\ \text{18 Ammoniak} & & H_{54} & N_{18} & \\ \text{43 Wasser} & & H_{86} & & O_{43} \\ \text{7 At. Sauerstoff} & & & & O_{7} \\ \hline & C_{72} & H_{252} & N_{36} & O_{72} \end{array}\right.$$

Das essigsaure Ammoniak ernährt nicht, wenn nicht die Luft zutritt und reichliche Oxydation veranlasst. Es dient somit nicht bloss der bei der Assimilation freiwerdende Sauerstoff, sondern auch noch eine gewisse Menge von aus der Luft aufgenommenem Sauerstoff zur Verbrennung von Essigsäure, so dass bedeutend mehr als die Hälfte des in dem Nährsalz enthaltenen Ammoniaks frei werden muss, damit sich Albuminate bilden.

Die Pilzzelle erzeugt ferner nicht bloss Eiweissstoffe, sondern auch Kohlenhydrate und Fett. Berechnen wir die stickstofflosen Verbindungen als eine mit den Albuminaten gleichgrosse Cellulosemenge, so müssen bei der Entstehung der Pilzzellen, ohne die Oxydation durch den freien Sauerstoff zu berücksichtigen, von je 7 Ammoniumgruppen des essigsauren Ammoniaks 5 als Ammoniak frei werden. — Bei der Assimilation von neutralem weinsaurem Ammoniak kann auf je 6 Ammoniumgruppen nur 1 verwendet werden; 5 gehen als Ammoniak in die Flüssigkeit.

Der nämliche Process wie der eben erörterte findet immer statt, wenn man das Ammoniaksalz einer organischen Säure als Nahrung verwendet. Die Nährlösung wird alkalisch und zuerst für Schimmel- und Sprosspilze, nachher auch für Spaltpilze ungünstiger. Enthält die angewendete Flüssigkeit freie Säure, so wird sie nach und nach neutral und dann alkalisch; die Schimmel- und Sprosspilze, die anfänglich begünstigt waren, werden nachher von den Spaltpilzen verdrängt. Ist eine Nährlösung so sehr alkalisch geworden, dass alles Pilzwachsthum darin aufhört, so vermindert sich bei längerem Stehen die alkalische Beschaffen-

heit durch Entweichen von Ammoniak und die Pilze können wieder wachsen.

Auch bei der Anwendung von manchen organischen Verbindungen, die zugleich Kohlenstoff und Stickstoff enthalten (wie Asparagin, Kreatin, Harnsäure etc.), wird die Nährflüssigkeit bei der Assimilation durch Freiwerden von Ammoniak alkalisch. Doch kann, da die Pilze ein grösseres oder geringeres Oxydationsvermögen besitzen, unter Umständen der Fall eintreten, dass ein Theil des entstehenden Ammoniaks zu Salpetersäure oder salpetriger Säure oxydirt wird, welche sich mit dem übrigen Ammoniak verbindet.

Dieser Vorgang fand bei dem später unter Nr. 36 erwähnten Versuch statt. Die aus Acetamid bestehende Nährlösung behielt während der Pilzbildung ihre ganz schwach saure Reaction und es bildete sich unter Sauerstoffaufnahme viel salpetrigsaures Ammoniak, worüber, wenn wir bloss die Albuminbildung berücksichtigen, folgende Gleichung Aufschluss geben kann.

$$\left.\begin{array}{ll}\text{36 Acetamid} & C_{72}\,H_{180}\,N_{36}\,O_{36} \\ \text{10 Mol. Sauerstoff} & O_{20} \\ \hline & C_{72}\,H_{180}\,N_{36}\,O_{56}\end{array}\right\} = \begin{array}{ll}\text{1 Albumin} & C_{72}\,H_{112}\,N_{18}\,O_{22} \\ \text{9 salpetrigsaur. Ammoniak} & H_{36}\,N_{18}\,O_{18} \\ \text{16 Wasser} & H_{32}\,O_{16} \\ \hline & C_{72}\,H_{180}\,N_{36}\,O_{56}\end{array}$$

Wird ausser dem Albumin eine demselben gleiche Gewichtsmenge Cellulose erzeugt, so vermehrt sich die Menge des salpetrigsauren Ammoniaks um 15 Moleküle.

Ich führe noch einige Beispiele anderer Veränderungen der Nährlösung an. Eine neutrale Lösung von salzsaurem Methylamin (Versuch 35) wurde, indem sich eine Vegetation von Spaltpilzen bildete, schwach sauer. Sie enthielt wenig freie Salzsäure und viel Salmiak. Der Assimilationsvorgang bezüglich der Albuminate kann durch folgende Gleichung erklärt werden:

			=			
72	salzs. Methylamin	$C_{72}\,H_{432}\,N_{72}\,Cl_{72}$		1	Albumin	$C_{72}\,H_{112}\,N_{18}\,O_{22}$
22	Wasser	$H_{44}\,O_{22}$		54	Salmiak	$H_{216}\,N_{54}\,Cl_{54}$
32½	Mol. Sauerstoff	O_{65}		18	Salzsäure	$H_{18}\,Cl_{18}$
				65	Wasser	$H_{130}\,O_{65}$
		$C_{72}\,H_{476}\,N_{72}\,O_{87}\,Cl_{72}$				$C_{72}\,H_{476}\,N_{72}\,O_{87}\,Cl_{72}$

Noch grössere Mengen von Salmiak und Salzsäure als bei der Bildung von Albumin müssen entstehen, wenn gleichgrosse Gewichtsmengen von stickstofffreien Verbindungen assimilirt werden. — Die geringe Menge der in der Lösung zuletzt vorgefundenen freien Salzsäure mag theils dadurch erklärt werden, dass während der langen Versuchsdauer ein Theil der Salzsäure durch Verdunstung fortging, theils dadurch, dass ein Theil derselbenn sich mit Zersetzungsprodukten der Pilzsubstanz verbunden hatte.

Eine Nährlösung, welche Harnstoff und Aethylalkohol enthielt (Versuch 34), wurde im Brütkasten (36° C) mit der Bildung von Spaltpilzen sauer, indem diese einen Theil des Alkohols zu Essigsäure oxydirten. Die nämliche Nährflüssigkeit wurde bei Zimmertemperatur ebenfalls mit Erzeugung von Spaltpilzen schwach alkalisch, indem hier die Essigbildung entweder mangelte, oder wenigstens nicht ausreichte, um das aus dem Harnstoff gebildete kohlensaure Ammoniak zu neutralisiren. Die saure Reaction beim ersten Versuch war die Ursache, warum sich nur eine mässige Spaltpilzvegetation entwickelte und nach 14 Tagen durch reichliche Schimmelpilze abgelöst wurde, während beim zweiten Versuch die Spaltpilze sich stark vermehrten und die Schimmelpilze auch nach 6 Wochen noch ausblieben.

Wenn, wie dies in den soeben angeführten Beispielen der Fall war, die neuen Verbindungen bei der Assimilation in grösserer Menge entstehen, so haben dieselben auf die Vegetation der Pilze und auf die Ernte einen merklichen

Einfluss. Es bilden sich aber ausserdem auch neue Verbindungen in so geringer Menge, dass sie bei der Vergleichung verschiedener Nährsubstanzen vernachlässigt werden können. Die chemische Analyse weist einige solcher Verbindungen nach. Ich will hier nur von einer Erscheinung sprechen, die zwar schon beobachtet wurde, aber nicht die richtige Beurtheilung gefunden hat; es ist die Bildung eines gelösten Farbstoffes von gelbgrünem bis blaugrünem Ton bei der Kultur von Spaltpilzen.

Diese Färbung der Nährflüssigkeit wurde bei einer Menge unserer Kulturen beobachtet, vorzüglich wenn ein Ammoniaksalz oder eine andere einfach zusammengesetzte Nährsubstanz (z. B. Harnstoff mit Weingeist oder Asparagin) zur Anwendung kam. Dass das Wasser selbst gefärbt war, ergab sich deutlich in denjenigen Fällen, wo es die unveränderte Farbe behielt, während die Pilze sich als farbloser Niederschlag absetzten. Wie es scheint, tritt die Färbung nur bei alkalischer Reaction auf, wobei die Flüssigkeit nach Ammoniak riecht. Sie ist ferner Folge einer Oxydation. Denn sie beginnt an der Oberfläche und schreitet nach unten hin fort; — man beobachtet dies indess nur, wenn keine Bewegung (auch nicht von schwärmenden Spaltpilzen) in der Flüssigkeit vorhanden ist. Diese zeigt sich dann in einem früheren Stadium oben intensiv gefärbt, unten farblos. Bei Luftabschluss bleibt die Färbung ganz aus. Die Lösung fluoreszirt zuweilen sehr deutlich, indem sie im auffallenden Lichte grün, im durchfallenden Lichte gelb aussieht und einer Lösung von Fluorescein vollkommen gleicht.

Von den später angeführten Versuchen war beispielsweise die Flüssigkeit mit weinsaurem Ammoniak grünlich, diejenige mit milchsaurem Ammoniak gelblich, diejenige mit essigsaurem Ammoniak blaugrünlich (Versuch 24 a, b, c), diejenige mit salicylsaurem Ammoniak (Versuch 31) stark

grün, diejenige mit Asparagin (Versuch 21) hellgrün, diejenige mit Harnstoff und Weingeist (Versuch 34, das Glas in Zimmertemperatur) starkgrün und fluorescirend.[5])

Eine grosse Zahl von vergleichenden Beobachtungen über die Ernährung des Bierhefenpilzes war schon 1869 von A. Mayer (Untersuchungen über die alkoholische Gärung) angestellt worden. Derselbe kam aber in dieser ersten Arbeit zu einem Resultat, welches im Gegensatze zu den oben ausgesprochenen Regeln steht. Es sollten nämlich in einer Zuckerlösung „diejenigen stickstoffhaltigen organischen Körper, die die complizirteste Zusammensetzung haben und verhältnissmässig sauerstoffarm sind" (nämlich die Albuminate) fast gar nicht ernähren, „diejenigen stickstoffhaltigen organischen Körper, die verhältnissmässig hoch oxydirt sind und den Ammoniakverbindungen näher stehen", sollten

---

5) Die besprochene Erscheinung ist ganz anderer Natur als die bekannten (namentlich rothen) Färbungen, welche die Spaltpilze selbst zuweilen zeigen, und daher nicht mit denselben zu vermengen. Auch ist die Entstehung sowohl der einen als der andern Färbung nicht ein Speciesmerkmal, wie Schroeter und Cohn irrthümlich angenommen haben, und beschränkt sich gleichfalls nicht auf Micrococcus-Formen.

Was den gelösten Farbstoff von grünlichem Ton betrifft, so entsteht derselbe erst nachträglich durch Oxydation aus einer noch unbekannten, bei der Assimilation frei werdenden farblosen Verbindung. — Was die Färbung der Spaltpilze selbst betrifft, so hat dieselbe ohne allen Zweifel ihren Sitz in den weichen Zellmembranen, und ist eine analoge Erscheinung wie die Färbung der Zellhäute vieler Nostochinen, die mit den Spaltpilzen in so naher morphologischer Beziehung stehen. Dass sie nicht zur spezifischen Unterscheidung benutzt werden darf, geht deutlich aus Kulturversuchen hervor. Ein Spirillum, welches intensiv rothe Decken auf Sumpfwasser bildete, gab bei der Kultur in verschiedenen Nährflüssigkeiten nur selten wieder roth gefärbte Spirillen; meistens wurden die Pilze farblos und verloren mehr oder weniger ihre schraubenförmige Gestalt, indem sie sich zu schwach gebogenen oder auch ganz geraden Stäbchen streckten.

besser und die Ammoniaksalze am besten ernähren. Bei einer spätern Untersuchung (Nobbe's Landwirthschaftliche Versuchsstationen 1871) wurden diese Aussprüche dahin modifizirt und ergänzt, dass die Ernährungstüchtigkeit einer stickstoffhaltigen Verbindung vorzüglich von ihrem Vermögen, durch Membranen zu diosmiren, abhängig und dass zu den bestnährenden auch Pepsin und die peptonartigen Stoffe zu zählen seien.

Die Untersuchungsmethode war folgende. Kleine Glasfläschchen wurden mit 20 ccm Nährlösung versehen, eine Spur Bierhefe zugesetzt, aus dem Gewichtsverlust die entwichene Kohlensäure Tag für Tag bestimmt und daraus auf die Intensität der Gärung, sowie aus dieser auf das Wachsthum der Hefe geschlossen. Vom chemischen Gesichtspunkte sind die getroffenen Vorsichtsmassregeln wohl als ausreichend zu betrachten, — und die Folgerungen, die aus den zahlreichen Versuchen nicht bloss rücksichtlich der Assimilationsfähigkeit der stickstoffhaltigen Verbindungen, sondern auch rücksichtlich der Wirksamkeit der Mineralstoffe (Aschenbestandtheile) gezogen wurden, wären ebenfalls nicht zu beanstanden, wenn die dabei obwaltende Voraussetzung zuträfe, dass in den verschiedenen Nährlösungen wenigstens in ganz überwiegendem Masse die gleichen morphologischen und physiologischen Vorgänge, nämlich Bildung von Alkoholhefe und geistige Gärung, stattgefunden haben. Diese Voraussetzung konnte zur Zeit, als die Versuche angestellt wurden, nach dem, was damals bekannt war, von dem Chemiker unbedenklich gemacht werden. Sie hat sich aber durch die seitherige Erfahrung als irrthümlich erwiesen. Es giebt zwei Gründe, warum die fraglichen Versuche als unbrauchbar zu betrachten sind.

Der erste Grund besteht darin, dass die Kulturen nicht rein waren. Es giebt keine Bierhefe, die nicht eine grössere oder geringere Anzahl von Spaltpilzen enthielte. Besonders

unrein ist aber die Presshefe; in derselben befinden sich nicht nur grosse Mengen von Spaltpilzen, sondern auch Schimmelsporen (besonders von Penicillium) und wohl auch Sprosshefezellen, die keine oder nur geringe Gärung verursachen. A. Mayer verwendete zu seinen Versuchen Presshefe, wie unzweifelhaft daraus sich ergiebt, dass es „käufliche Hefe" war, in welcher „immer Stärkmehl gefunden" wurde. Durch Schlämmen lassen sich wohl die Stärkekörner, nicht aber die anderen Pilze und Pilzkeime entfernen, da diese nahezu das gleiche spezifische Gewicht besitzen wie die Sprosshefezellen. Wenn man Presshefe zur Aussaat benutzt, so säet man nach den verschiedenen Proben, die ich davon untersucht habe, zwar ein viel grösseres Gewicht von Sprosspilzen, aber häufig eine gleiche oder grössere Individuenzahl von Spaltpilzen aus. Wären aber auch die Sprosspilze in stark überwiegender Anzahl vorhanden, so wäre dadurch bloss bei Aussaat von beträchtlichen Mengen ihre fast ausschliessliche Vermehrung gesichert, wie ich anderswo nachgewiesen habe (Theorie der Gärung).

Werden bloss Spuren in die pilzfreie Nährflüssigkeit ausgesäet, wie dies bei den fraglichen Versuchen der Fall war, so entscheidet nicht mehr die relative Menge, in welcher ein Pilz in dieser Spur enthalten ist, darüber, ob er gegenüber den andern Pilzen sich zu behaupten vermöge. Sondern es hängt nun von der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit, von der Temperatur, von dem Zutritte der Luft und von anderen noch unbekannten Ursachen ab, welche Pilze zur Entwickelung gelangen und die anderen mehr oder weniger verdrängen. Bei sehr zahlreichen Versuchen, welche ich vor Jahren mit verschiedenen neutralen Nährlösungen bei Aussaat kleiner Mengen von Bierhefe anstellte, erhielt ich fast nie eine nur einigermassen reine Vegetation derselben, sondern damit gemengt geringere oder grössere Mengen von Spaltpilzen mit Milchsäure- und Buttersäure-

gärung oder Schleimbildung oder Mannitbildung; oft auch wurde die Bierhefe durch die Spaltpilze ganz verdrängt.[6])

In den Fläschchen von A. Mayer musste das Nämliche eintreten; — und dass es wirklich der Fall gewesen ist, geht auch aus den beiläufigen Bemerkungen über die beobachteten Organismen hervor (eine genaue und erschöpfende mikroskopische Untersuchung der Ernten, um die verschiedenen Pilze und ihre relativen Mengen festzustellen, wurde nicht vorgenommen). In manchen Fällen wurde nämlich eine schleimige Haut an der Oberfläche, ohne Zweifel aus Spaltpilzen bestehend, in andern „Mycoderma vini", in noch andern Schimmelpilze, selbst fructifizirend, wahrgenommen.

Alle Pilze entwickeln Kohlensäure; bei Gärungen durch Spaltpilze (Mannit-, Milchsäure-, Buttersäurebildung) wird dieselbe in grösseren Mengen entwickelt. Nach den neueren Beobachtungen ist es auch ausser Zweifel gestellt, dass Alkohol durch Spaltpilze gebildet wird. Die entweichende Kohlensäure und der in der Flüssigkeit vorgefundene Alkohol kann also in keinem Falle, wie es von A. Mayer versucht wurde, als Massstab für das Wachsthum der Sprosshefe benützt werden. Dass Milchsäuregärung in manchem seiner Versuche, in denen sie nicht beobachtet wurde, stattgefunden habe, dafür spricht das Auftreten von Schimmelpilzen. Denn diese stellen sich nicht leicht in der unveränderten Nährlösung, noch in einer Flüssigkeit, die reich an Alkohol- oder Essigsäure ist, ein, wohl aber folgen sie mit Vorliebe auf Milchsäurebildung. — Die Kohlensäureent-

6) In Folge dieser Erfahrungen wurde die Methode der Aussaat minimaler Mengen von Sprosshefe ganz aufgegeben, insoferne nicht vorher durch besondere Versuche eine Reinzucht hergestellt werden konnte, oder in der hinreichend sauren Beschaffenheit der Flüssigkeit die Gewähr für die Existenzfähigkeit der Sprosspilze gegeben war.

wickelung nebst Alkoholbildung ist aber nicht bloss ungeeignet, über die Ernährung der Sprosshefe Auskunft zu geben. Sie kann auch nicht als Anhalt für die Ernährung der Pilze überhaupt dienen. Es wäre selbst möglich, dass ein Versuch mit den besten Nährsubstanzen die grösste Menge von Pilzsubstanz, aber die geringste Menge von Kohlensäure und Alkohol erzeugte.

Ein anderer ebenso schwer wiegender Grund, warum Versuche wie die in Frage stehenden als unbrauchbar zu erklären sind, besteht in dem mit denselben nothwendig verbundenen ungleichen Zutritt von Sauerstoff. Das Gedeihen der verschiedenen Pilze ist wesentlich von dem Grade der Oxydation abhängig, welche der Genuss des freien Sauerstoffs ihnen gestattet. Jeder Pilz zeigt in der nämlichen Nährflüssigkeit bei vollständigem Abschluss der Luft das geringste Wachsthum (resp. vollständigen Mangel an Wachsthum), und mit der allmäligen Zunahme des Luftzutrittes ein stetig zunehmendes Wachsthum. Die erste Regel für alle vergleichenden Untersuchungen über Ernährung der Pilze verlangt daher für alle eine gleichgrosse Betheiligung des freien Sauerstoffs. Diess kann dadurch geschehen, dass man denselben ganz ausschliesst, oder dadurch, dass man in offenen flachen Gefässen von gleicher Form ungehinderten Luftzutritt gestattet, oder endlich dadurch, dass man gleich grosse Mengen von Luft in Blasen von gleicher Grösse und in gleicher Zeit durch die sonst abgeschlossene Flüssigkeit durchstreichen lässt. Die Versuche von A. Mayer waren aber so angestellt, dass der Luftzutritt ganz ungleich ausfallen musste. An den Fläschchen befanden sich nämlich luftdicht befestigte Chlorcalciumröhrchen, die am Ende mit einem Kautschukventil verschlossen waren. Bei hinreichender Kohlensäureentwickelung konnte kein Sauerstoff eintreten; bei sehr schwacher oder mangelnder Kohlensäurebildung dagegen

drang Sauerstoff ein, wie dies deutlich aus dem Umstande hervorgeht, dass in manchen Fläschchen schon nach wenigen Tagen eine Gewichtszunahme, bei einigen abwechselnd Zunahme und Abnahme, in einzelnen Fällen selbst ein rasche Zunahme des Gewichtes beobachtet wurde. Es ist möglich, dass die Sauerstoffaufnahme nur in ganz wenigen Fällen, vielleicht auch in keinem einzigen vollständig gemangelt hat. Immerhin kann die jeden Tag beobachtete Gewichtsveränderung nur als die Differenz der entwichenen Kohlensäure und des eingedrungenen Sauerstoffs gelten. Sie ist daher theils aus diesem Grunde, theils desswegen, weil der in ungleicher Menge aufgenommene Sauerstoff die Vegetation in ungleichem Grade beeinflusste, kein Mass für die Assimilationsfähigkeit der Nährflüssigkeit.

Nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft giebt es, wie ich glaube, keine andere auch nur einigermassen genügende Methode für die vergleichende Untersuchung der Ernährungstüchtigkeit verschiedener Nährstoffe, als Gleichhaltung aller äusseren Umstände (namentlich auch des Luftzutrittes), Sicherstellung, dass die nämlichen Pilzvegetationen in den verschiedenen Versuchen auftreten, und quantitative Bestimmung des Ernteergebnisses, wenigstens der gesammten Gewichtszunahme und der Stickstoffzunahme.

Bezüglich der Ausführung unserer Versuche bemerke ich Folgendes. Im Jahr 1868/9 verwendete ich als mineralische Nährstoffe ausgeglühte Asche von Fichtenholz, von jungen Trieben der Rosskastanie und von Erbsen, die durch Phosphorsäure neutralisirt war, ferner ausgeglühte Asche von Bierhefe, — und zwar jeweilen 0,1 g auf 100 ccm Flüssigkeit. Für Spaltpilzkulturen wurden neutrale Nährlösungen benutzt, für Schimmelkulturen wurden dieselben mit der auf Assimilationsfähigkeit zu untersuchenden or-

ganischen Säure oder mit Phosphorsäure stark angesäuert. Für Kontrollversuche dienten immer die nämlichen Nährlösungen mit Ausschluss der zu prüfenden organischen Verbindung oder der Asche. Die Versuche beschränkten sich meistens darauf, fest zu stellen, ob eine Lösung ernähre oder nicht.

Ich führe einige der 1868/9 angestellten Versuche an. Die Nährflüssigkeit betrug jedes Mal 300 ccm.

1. Phosphorsaures Ammoniak 0,2 Proz., Citronensäure 1,4 Proz. — Sehr reichliche Schimmel- und Sprosspilze.

1,b. Der Kontrollversuch, in welchem nur das phosphorsaure Ammoniak fehlte, gab beide Pilze sehr spärlich; ebenso der andere Kontrollversuch (1,c), in welchem bloss die Citronensäure mangelte.

2. Essigsaures Ammoniak 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz. — Anfänglich kleine Schimmelrasen an der Oberfläche. Dann zahllose Spaltpilze, die Flüssigkeit trübend und eine Decke bildend.

2,b. Der Kontrollversuch, in welchem das essigsaure Ammoniak weggelassen war, gab nur ein äusserst dünnes Häutchen aus winzigen Spaltpilzen (Micrococcus) und spärlichen Monaden bestehend.

2,c. Der Kontrollversuch, in welchem bloss die Asche weggelassen war, gab einige untergetauchte Schimmelrasen, dann eine sehr dünne Schimmeldecke (Mucor).

3. Essigsaures Ammoniak 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz.; mit Phosphorsäure angesäuert, also von Nr. 2 durch die saure Reaction unterschieden. — Ziemlich reichliche Schimmel- und Sprosspilze. Später, als die Reaction neutral und alkalisch wurde, Spaltpilze, eine dünne Decke bildend und die Flüssigkeit trübend.

4. Essigsaures Ammoniak 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz., Essigsäure 1 Proz. — Nach einiger Zeit starke Schimmeldecke.

5. Salpetersaures Kali 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz. — Ziemlich reichliche Spaltpilze, die Flüssigkeit trübend und eine dünne Decke bildend.

6. Salpetersaures Kali 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz., Essigsäure 1 Proz. — Nach längerer Zeit starke Schimmeldecke.

7. Phosphorsaures Ammoniak 0,23 Proz., reinster Rohrzucker des Handels (derselbe enthielt 0,06 Proz. Stickstoff) 10 Proz. — Reichliche Spaltpilze, die Flüssigkeit stark trübend und eine dünne Decke bildend, in welcher ziemlich viele Monaden sich befanden. Dann trat ziemliche Gasentwicklung auf; die Flüssigkeit wurde sauer (Milchsäure) und es bildete sich eine dünne Schimmeldecke.

8. Phosphorsaures Ammoniak 0,23 Proz., reinster Rohrzucker 10 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,1 Proz., also von Nr. 7 nur durch die saure Reaction unterschieden. — Da die Flüssigkeit nicht sauer genug war (es wurden neben Schimmelpilzen auch ziemlich zahlreiche Spaltpilze beobachtet), so wurde nach einigen Tagen noch einmal die gleiche Menge Phosphorsäure zugesetzt, worauf die Spaltpilze verschwanden und eine starke Schimmeldecke sich einstellte.

Die Versuche 7 und 8 waren mit Holzasche (durch Phosphorsäure neutralisirt) angestellt. Mit Hefenasche gaben sie etwas schwächere Vegetationen.

9. Salpetersaures Kali 0,4 Proz., reinster Rohrzucker 10 Proz. — Reichliche Spaltpilze, die Flüssigkeit trübend und eine dünne Decke bildend, in welcher sich zahlreiche Monaden befanden. Dann wurde die Flüssigkeit sauer (Milchsäure) ohne sichtbare Gasentwickelung und es bildete sich eine Schimmeldecke. — Nach zwei Jahren waren die Schimmelpilze abgestorben, die Flüssigkeit roth und das Gewicht der bei 105° C. getrockneten Ernte (von 300 ccm Flüssigkeit) betrug 1,549 g.

10. Salpetersaures Kali 0,4 Proz., reinster Rohrzucker 10 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,13 Proz., also von Nr. 9 nur durch die saure Reaction verschieden. — Sehr starke Schimmeldecke. — Nach zwei Jahren waren die Schimmelpilze abgestorben, die 30 g Zucker vollständig verschwunden, grösstentheils durch Oxydation. Das Destillat enthielt geringe Mengen Weingeist, ein Beweis, dass sich auch etwas Sprosshefe gebildet hatte. Das Trockengewicht der Ernte betrug 3,7 g; darin befanden sich wenigstens 0,045 g Stickstoff, entsprechend 0,281 g Albumin, während die 30 g Kolonialzucker 0,018 g Stickstoff (0,06 Proz.) enthalten hatten. In Aether lösten sich 29,1 Proz. der Trockensubstanz, welche grösstentheils Fett sein mussten.

10,b. Bei einem Kontrollversuch zu Nr. 7, 8, 9 und 10, in welchem sich 10 Proz. des nämlichen Zuckers nebst Asche befanden, also die Stickstoffquellen (Ammoniak oder Salpetersäure) mangelten und in welchem die Flüssigkeit neutral war, trat ein sehr dünnes Häutchen von Spaltpilzen mit zahlreichen Monaden und, nachdem die Flüssigkeit sauer geworden, etwas Schimmelbildung auf. — Nach zwei Jahren ergab die zugleich mit Nr. 9 und 10 vorgenommene Untersuchung nur geringe Abnahme des Zuckergehaltes und bloss 0,070 g Trockensubstanz, also $^1/_{32}$ der Ernte des Versuches Nr. 9, welcher salpetersaures Kali enthielt.

10,c. Ein Kontrollversuch zu Nr. 7, bei welchem die Asche weggelassen wurde, der also in neutraler Flüssigkeit phosphorsaures Ammoniak und Zucker enthielt, lieferte zwar eine deutlich geringere Ernte als Nr. 7, aber zugleich eine deutlich beträchtlichere Ernte als der vorhin angeführte Kontrollversuch, bei welchem sich die Aschenbestandtheile, aber keine Stickstoffverbindungen befanden, so dass es scheinen könnte, als ob unter Umständen der Stickstoff die Mineralstoffe zu vertreten vermöge, was ja auch schon

behauptet wurde, aber um mit Grund angenommen zu werden, doch noch weiterer genauer Untersuchungen bedürfte.

10,d. Ein Kontrollversuch zu Nr. 7, 8, 9, 10, bei welchem sowohl die Stickstoffquellen (Ammoniak oder Salpetersäure) als die Aschenbestandtheile mangelten, der also nur Zucker enthielt, ergab eine äusserst schwache Vegetation zuerst von Spaltpilzen und Monaden und dann von Schimmelfäden in der sauer gewordenen Flüssigkeit. Die Vegetation war noch schwächer als in 10,b.

11. Phosphorsaures Ammoniak 0,11 Proz., Oxalsäure 0,12 Proz., welche dazu dienten um die bei diesem Versuche unverändert zugesetzte Holzasche zu neutralisiren. — Die Flüssigkeit blieb unverändert.

12. Phosphorsaures Ammoniak 0,13 Proz., aus Zucker dargestelltes Humin, welches vorher mit Ammoniak bis zu schwach alkalischer Reaction versetzt worden war, 0,66 Proz. — Die Flüssigkeit blieb unverändert. Das Humin war unlöslich.

Bei den Versuchen, welche ich im Jahr 1870/1 gemeinschaftlich mit Dr. Walter Nägeli anstellte, wurden die mineralischen Stoffe ebenfalls als Asche zugesetzt. Da der Hauptzweck dieser Versuche dahin ging, die Wirkung der Anwesenheit und des Mangels von freiem Sauerstoff zu prüfen, so wurden zum Theil wieder die nämlichen, zum Theil andere Nährstoffe verwendet, indem je einige Gläser mit Luftabschluss und einige zur Kontrolle mit Luftzutritt behandelt wurden. Ich will hier bloss von den letzteren sprechen, und zwar nur insofern sie von den bereits angeführten verschieden sind.

13. Essigsaures Ammoniak 0,7 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz. — Reichliche Spaltpilze, die Flüssigkeit trübend, und nachdem die Flüssigkeit durch Milchsäure-

bildung sauer geworden, Sprosshefen- und Schimmelbildung oder nur die letztere.

14. Essigsaures Ammoniak 0,8 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Sprosshefe und Gärung; dann Schimmelbildung. Die Ernte war etwas geringer als bei Nr. 13.

14,b. Ebenso, aber 0,4 Proz. P_2O_5. — Wie Nr. 14, aber Gärung weniger lebhaft, Schimmelbildung fast gleich.

15. Salpetersaures Ammoniak 0,4 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz. — Spaltpilz- und Milchsäurebildung mässig, aber äusserst reichliche Schimmelbildung, wohl 20 mal reichlicher als bei Nr. 14 und 13.

16. Salpetersaures Ammoniak 0,4 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Sprosshefenbildung und Gärung ziemlich lebhaft, dann Schimmelbildung. Ernte ziemlich wie Nr. 14, aber mehr als 20 mal geringer als bei Nr. 15.

17. Harnstoff 1 Proz., 2 Proz. und 4 Proz. — Keine Pilze.

18. Harnstoff 1 Proz., Citronensäure 2 Proz. — Reichliche Schimmelbildung.

19. Harnstoff 1 Proz., reinster Rohrzucker 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Sprosshefe und Gärung, dann reichliche Schimmelbildung.

20. Harnstoff 1 Proz., Glycerin 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Reichliche Schimmelbildung.

21. Asparagin 1 Proz. — Die Nährflüssigkeit wird trüb und alkalisch, mit starkem ammoniakalischem Geruch und mit zahllosen kurzen stäbchenförmigen Spaltpilzen in Schwärmbewegung.

22. Asparagin 1 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,3 Proz. — Sehr geringe Schimmelbildung.

23. Asparagin 1 Proz., Citronensäure 1 Proz. —

Reichliche Sprosspilzbildung. Die Schimmelpilze waren durch die Versuchsanordnung ausgeschlossen.

Die Versuche, welche im Jahr 1875/6 gemeinschaftlich mit Dr. W. Nägeli ausgeführt wurden, hatten gleichfalls den Zweck, die Wirksamkeit der An- und Abwesenheit von freiem Sauerstoff zu untersuchen. Die Mineralsubstanzen wurden wieder als Asche von Hefe, Erbsen, Holz, Tabak, die durch Phosphorsäure neutralisirt war, zugesetzt, in vielen Fällen aber auch als Salzlösungen, nämlich phosphorsaures Kali, schwefelsaure Magnesia und Chlorcalcium in den entsprechenden Mengen. Von den zur Kontrolle angestellten Versuchen mit Luftzutritt mögen folgende, die nicht bereits früher angeführt sind, erwähnt werden.

24. Milchsaures Ammoniak 0,4 Proz., mineralische Nährsalze. — Reichliche Spaltpilzbildung. Ein bemerkenswerther Unterschied in der Erntemenge gegenüber gleichzeitig angestellten und in jeder Beziehung gleich behandelten Versuchen mit Lösungen b) von weinsaurem Ammoniak und c) essigsaurem Ammoniak [7]) war nicht zu beobachten.

25. Bernsteinsaures Ammoniak 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Reichliche Spaltpilzbildung.

26. Oxalsaures Ammoniak 0,3 Proz., mineralische Nährsalze. — Keine Pilzbildung.

27. Oxalsaures Ammoniak 1 Proz., Oxalsäure 1 Proz., mineralische Nährsalze. — Keine Pilzbildung.

28. Oxalsaures Ammoniak 1 Proz., Oxalsäure 1 Proz., reinster Rohrzucker 13 Proz., mineralische Nährsalze. — Sehr reichliche Schimmelvegetation.

---

7) Bei andern Versuchen stand das essigsaure Ammoniak an Ernährungstüchtigkeit entschieden dem weinsauren und milchsauren Ammoniak nach.

29. Ameisensaures Ammoniak 0,1 Proz., mineralische Nährsalze. — Unverändert, sowohl im Brütkasten als bei Zimmertemperatur.

30. Phenol (Carbolsäure) 0,08 Proz., Ammoniak etwa 0,2 Proz., mineralische Nährsalze. Die Reaction der Nährflüssigkeit war fast neutral (ganz schwach alkalisch). — Ein Glas, das in den Brütkasten gestellt wurde, blieb unverändert. Die zwei in Zimmertemperatur befindlichen Gläser trübten sich und zeigten ziemlich zahlreiche Spaltpilze (eine winzige Micrococcusform), das eine überdem spärliche, das andere viele Sprosspilze.

31. Salicylsaures Ammoniak 0,1 Proz., mineralische Nährsalze. — Sehr reichliche Vegetation von Spaltpilzen (Micrococcus und Bacterium), welche die Flüssigkeit trübten, stark grün färbten und einen etwas fauligen Geruch verursachten; — dies in zwei Gläsern bei Zimmertemperatur. Ein im Brütkasten befindliches Glas blieb anfänglich unverändert; nach 2 Monaten bildeten sich ein paar Schimmelrasen an der Oberfläche; keine Spaltpilze.

32. Phosphorsaures Ammoniak 0,5 Proz., Glycerin 5 Proz., Asche, Kreide. — Aeusserst reichliche Spaltpilzbildung, und später auf der sauren Flüssigkeit eine Schimmeldecke.

33. Die Versuche über Ernährungstüchtigkeit der Humussubstanzen wurden mit Torf angestellt. Derselbe wurde in der Kälte oder in der Wärme mit Wasser, das 0,5 Proz. kohlensaures Ammoniak enthielt, ausgelaugt und die Lösung zu den Versuchen benützt. Oder es wurden die Gläser zur Hälfte mit Torf und dann zu $^{3}/_{4}$ mit Wasser gefüllt, welches entweder keinen Zusatz erhielt, oder mit 0,2 bis 0,5 Proz. kohlensaurem Ammoniak, mit 0,2 Proz. Ammoniak, mit 0,1 Proz. Kali versetzt war. Die Gläser erfuhren entweder keine weitere Behandlung, oder sie wurden zunächst während längerer Zeit (20 Stunden) einer Tem-

peratur von 90 bis 92° C. ausgesetzt. Die Lösungen, welche einen Zusatz von kohlensaurem Ammoniak, von Ammoniak oder von Kali erhalten hatten, reagirten schwach alkalisch oder sie waren beinahe neutral; diejenigen ohne Zusatz zeigten äusserst schwach saure Reaction.

Die Kulturresultate waren sehr verschiedene. Einige Male bildete sich in den Lösungen bald eine mehr spärliche bald eine reichliche Vegetation von Spaltpilzen (Micrococcus und Spirillum, seltener Bacterien), in welcher sich dann auch Monaden einstellten. Ein Mal blieb jede Pilzbildung aus, wie dies auch bei Anwendung von künstlichem Humus der Fall gewesen (Versuch 12). Ich setze den negativen Erfolg auf Rechnung der Unlöslichkeit der Humussubstanzen, nicht etwa, wie man allenfalls vermuthen könnte, auf den Mangel an mineralischen Nährsalzen, an denen mancher Torf sehr arm ist. Denn es stellte sich eine ziemlich reichliche Algenvegetation ein.

34. Harnstoff 0,5 Proz., Aethylalkohol 2,3 Proz., mineralische Nährsalze. — Ein Glas im Brütkasten zeigte mässige Spaltpilzbildung mit saurer Reaction, nachher eine dicke Schimmeldecke. Ein anderes Glas bei Zimmertemperatur ergab eine sehr reichliche Spaltpilzvegetation mit schwach alkalischer Reaction. Ueber den chemischen Befund habe ich bereits oben gesprochen.

34,b. Kontrollversuche, bei denen der Harnstoff mangelte, zeigten im Brütkasten eine äusserst spärliche Spaltpilzvegetation, bei Zimmertemperatur gar keine Veränderung.

35. Salzsaures Methylamin 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Ziemlich reichliche Spaltpilzbildung. Das Auftreten von Salmiak und freier Salzsäure bei diesem Versuche wurde bereits erwähnt.

36. Acetamid 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Reichliche Spaltpilzbildung. Von dem dabei entstehenden salpetrigsauren Ammoniak wurde oben gesprochen.

37. Oxamid 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Nach zwei Jahren war die Flüssigkeit noch unverändert.

Ich halte es für überflüssig, anderer Versuche, die kein sicheres Resultat gegeben haben, wie z. B. mit buttersaurem Ammoniak, baldriansaurem Ammoniak, Glycocoll, Acetanilid, Tannin, Salicin besonders zu erwähnen. Wenn Pilzbildung ausbleibt, so ist ja immer die Frage, ob die angewendeten Verbindungen ernährungsuntüchtig sind oder ob in anderen Verhältnissen die Ursache zu suchen ist. Tritt nur spärliche Vegetation auf, so können die angewendeten Verbindungen schwer assimilirbar, oder die Ernährung kann durch verunreinigende Stoffe bewirkt sein.— Ebenso spreche ich nicht von allen anderen Versuchen, wo das Resultat selbstverständlich ist, wo z. B. Zucker- oder Glycerinlösungen mit den verschiedensten stickstoffhaltigen Verbindungen als Nahrung dienten.

Wie bereits erwähnt wurde, habe ich in der bisherigen Aufzählung nur diejenigen Versuche berücksichtigt, bei denen der Luftzutritt gestattet war. Wird die Nährflüssigkeit unter Luftabschluss gehalten, so besteht, wie ich dies in der „Theorie der Gärung" angegeben, ausser der Assimilationsfähigkeit der organischen Verbindungen noch die fernere Bedingung für das Wachsthum der Pilzzellen, dass dieselben eine Gärthätigkeit von einem bestimmten Intensitätsgrad ausüben. Die Ernährung und Vermehrung der Pilze unterbleibt vollständig, wenn das Gärvermögen jenen Grad nicht erreicht, und ist um so lebhafter, je mehr es ihn überschreitet.

Die meisten Versuche, die ich über die Einwirkung des freien Sauerstoffs angestellt habe, betreffen die Spaltpilze. Bei diesen sind die Verhältnisse, wegen der verschiedenartigen Gärungen, die sie verursachen können, sehr

mannigfaltig und verwickelt. Um dennoch hier eine Vorstellung zu geben, wie die Assimilationstüchtigkeit der Pilze durch die Gärthätigkeit beeinflusst wird, will ich kurz die Ergebnisse der weniger zahlreichen Versuche mit Sprosspilzen mittheilen, bei denen sich die Sache, da sie nur Zucker zu vergären vermögen, viel einfacher gestaltet. Zur übersichtlicheren Darstellung fasse ich ganze Gruppen von Versuchen unter Nummern zusammen. Ich bemerke dazu, dass die Versuche zu verschiedenen Zeiten (in den Jahren 1868 bis 1876) und mit verschiedenen Nebenabsichten angestellt wurden. Daraus erklärt sich, dass die Mengenverhältnisse der angewendeten Nährstoffe oft ungleich ausfielen, was unerklärlich wäre, wenn sie mit Rücksicht auf einander angeordnet worden wären. Der Luftabschluss wurde immer durch Quecksilber bewirkt.

38. Es ist bekannt, dass der Traubenmost ohne Zutritt von Luft vergären kann. Richtig angestellte Versuche zeigen nun, dass die Gärung in dem nämlichen Most um so rascher eintritt, je länger derselbe vor dem Abschluss die Einwirkung der Luft erfahren hat und ebenso, je grösser bei gleicher Lufteinwirkung die Zahl der darin enthaltenen Keime ist, — dass es aber für die Menge der sich bildenden Hefe ohne Belang ist, ob der Traubensaft mit der Luft gar nicht in Berührung kommt, indem er unter Quecksilber ausgepresst wird, oder ob er bloss einige Minuten, einige Stunden oder 1½ Tage mit der Luft in Berührung war, ob die Gläser, in die er gefüllt wird, ausgekocht und von der verdichteten Luftschicht an ihrer Oberfläche befreit waren oder nicht, ob bloss klarer Traubensaft benutzt oder ob demselben eine beliebige Menge Traubenfleisch mit oder ohne Schalen beigemengt wird (die Zugabe von Traubenschalen beschleunigt die Hefenbildung, weil dieselben eine grössere Menge von Keimen in die Flüssigkeit bringen). Der nämliche Traubenmost, der bei

Zutritt von Luft in 20 bis 30 Tagen vergärt, bedarf dazu unter Abschluss von Luft 4 bis 7 Monate; — und von dem nämlichen Most bedürfen beispielsweise diejenigen Partieen, die sogleich nach dem Auspressen luftdicht abgeschlossen wurden, 15 bis 20 Wochen, diejenigen Partieen dagegen, die vor dem Luftabschluss während 18 Stunden in flachen Tellern der Lufteinwirkung ausgesetzt waren, 6 bis 9 Wochen zur vollständigen Vergärung.

Wenn man dem Traubenmost Zucker, Glycerin, Weingeist, ein Salz oder eine Säure zusetzt, so verläuft bei Luftzutritt die Gärung um so langsamer, je grösser der Zusatz ist; es vergärt auch nicht mehr aller Zucker und bei einer bestimmten Zusatzmenge tritt überhaupt keine Gärung mehr ein, während die Hefe sich zwar noch, aber sehr langsam und nur an der Oberfläche, wo sie in Berührung mit Luft ist, vermehrt. Bei Luftabschluss beobachtet man die gleichen Folgen schon bei viel geringeren Zusatzmengen, mit dem Unterschied jedoch, dass eine Vermehrung der Hefenzellen ohne Gärung nicht stattfindet, und dass somit die gleiche Zusatzmenge die Gärwirkung und die Assimilation aufhebt.

39. Gekochter Traubenmost, dem man geringste Mengen von Hefe zusetzt, verhält sich ganz wie der unveränderte. Die Versuche mit demselben gewähren den Vortheil, dass man bei hinreichender Vorsicht eine grössere Gewissheit erlangt, es beginne die Vegetation in mehreren zu vergleichenden Gläsern mit Hefezellen von ungefähr gleicher Zahl und Beschaffenheit.

40. Kalte Auszüge oder Abkochungen von getrockneten Weinbeeren (Rosinen) verhalten sich nicht anders als Traubenmost mit der einzigen Ausnahme, dass der Zucker gegenüber den stickstoffhaltigen Nährstoffen in grösserem und daher weniger günstigem Verhältniss vorhanden ist. Werden die Rosinen wiederholt gekocht und fügt man dem

nicht mehr süss, sondern bloss etwas herb schmeckenden Kochwasser Zucker und Säure (Wein- oder Citronensäure) bei, so ernährt dasselbe bei Abschluss der Luft die Hefenzellen ähnlich wie Traubenmost.

41. Abkochungen von Pflanzentheilen, die mehr oder weniger Zucker enthalten (Mohrrüben, Kartoffeln). Bei Luftabschluss findet Vermehrung der Sprosshefe statt, sicherer, wenn bis 1 Prozent Wein- oder Citronensäure zugesetzt wird (wegen des Ausschlusses der Spaltpilze), aber lebhafter ohne Säurezusatz.

42. Malzauszug verhält sich wie Nr. 41.

43. Abkochung von Bierhefe oder kalter Auszug derselben, mit Zusatz von 0,5 bis 1 Proz. Citronensäure oder 0,4 bis 0,6 Proz. Phosphorsäure (P_2O_5) ernährt die Sprosshefe bei Zutritt von Luft; aber bei Abschluss derselben wird entweder gar keine oder nur eine minimale Menge von Zellen gebildet, Letzteres ohne Zweifel in Folge der äusserst geringen Menge von Zucker, die das Hefenwasser enthält.

Wird der Hefenabsud (welcher 1 Proz. feste Substanz enthält) mit 1 Proz. Glycerin oder 1 Proz. Mannit und überdem (zur Verhinderung der Spaltpilzbildung) mit 0,4 Proz. Phosphorsäure versetzt, so ist der Erfolg ganz derselbe, nämlich reichliche Hefenbildung mit Sauerstoff, und so gut wie keine Hefenbildung, wenn die Luft ausgeschlossen ist.

Erhält dagegen der Hefenabsud einen Zusatz von 1 bis 10 Proz. Zucker[8]) und von 0,4 bis 1 Proz. Citronensäure oder 0,4 Proz. Phosphorsäure, so vermehrt sich die Sprosshefe ohne freien Sauerstoff und vergärt den Zucker fast vollständig.

8) Der hier sowie bei den folgenden Versuchen zugesetzte Zucker war Rohrzucker.

44. Fleischextractlösung verhält sich wie Hefenwasser, nur dass wegen vollständigen Mangels an Zucker auch die minimale Hefenbildung ausbleibt, wenn keine Luft zutritt oder kein Zucker zugesetzt wird, wie sich aus folgenden Versuchen, die je mehrfach angestellt wurden, ergiebt.

a) Wasser mit 1 Proz. Liebig'schem Fleischextract, ohne Luft. — Keine Sprosshefenbildung.

b) 1 proz. Fleischextractlösung mit 0,4 bis 0,6 Proz. Citronensäure mit Luft. — Reichliche Sprosshefe.

c) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

d) Fleischextract 1 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,1 bis 6,2 Proz., mit Luft. — Hefe.

e) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

f) Fleischextract 1 Proz., Glycerin 4,5 oder 9 Proz., mit Luft. — Sprosshefe, die aber leicht von Spaltpilzen verdrängt wird.

g) Fleischextract 1 Proz., Glycerin 4,5 oder 9 Proz., Citronensäure 0,5 Proz., mit Luft. — Reichliche Sprosshefe.

h) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

i) Fleischextract 0,5 Proz., Glycerin 4 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 1 Proz., mit Luft. — Reichliche Hefe.

k) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

l) Fleischextract 0,5 Proz., Zucker 4,5 Proz., oder Beides verdoppelt, ohne Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe, wenn dieselbe nicht von Spaltpilzen verdrängt wird, und zwar zeigte sich die weniger concentrirte Lösung unter übrigens gleichen Umständen günstiger für die Sprosshefe.

m) Fleischextract 0,33 bis 1 Proz., Zucker 9 bis 13 Proz., Citronensäure 0,4 bis 0,8 Proz., ohne Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe ohne Spaltpilze. Bei 2 Versuchen mit 0,33 Proz. Fleischextract, 13 Proz. Zucker und 0,7 Proz. Citronensäure fand vollständige weingeistige Vergärung statt. Bei 2 Versuchen mit 2 Proz. Fleischextract,

9 Proz. Zucker und 0,3 Proz. Citronensäure fand neben der geistigen Gärung etwas Spaltpilzbildung und Milchsäuregärung statt. Bei 3 Versuchen mit 1 Proz. Fleischextract, 20 Proz. Zucker und 0,8 Proz. Citronensäure trat nur geringe Vermehrung der Sprosshefenzellen und fast keine Alkoholbildung ein.

n) Fleischextract 0,4 bis 0,6 Proz., Zucker 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,3 bis 0,5 Proz., ohne Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe ohne Spaltpilze.

o) Fleischextract 0,5 Proz., Zucker 9 Proz., Weingeist (absolut.) 4,2 Proz., ohne Luft. — Reichliche Sprosshefe, die aber nicht allen Zucker zu vergären vermag.

p) Fleischextract 0,4 Proz., Zucker 9 Proz., schwefelsaures Chinin 0,012 oder 0,0225 Proz., ohne Luft. — Reichliche Sprosshefe.

q) Fleischextract 0,5 Proz., Zucker 9 Proz., Alkohol (absolut.) 2 Proz., schwefelsaures Chinin 0,0066 Proz., ohne Luft. — Ziemlich viel Sprosshefe mit einer noch grösseren Menge von Spaltpilzen.

r) Fleischextract 0,5 Proz., Mannit 4,5 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz., mit Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe.

s) Fleischextract 1 Proz., Mannit 1 Proz., Citronensäure 0,5 Proz., ohne Luft. — Reichliche Sprosshefe und Spaltpilze. Da der Mannit bei Ausschluss von Luft sonst nicht den Zucker ersetzen und die Sprosspilze ernähren kann, so hat ohne Zweifel bei diesem Versuch eine Umwandlung des Mannits in eine Glycoseform durch die Spaltpilze stattgefunden. Eine solche Umwandlung ist ja auch bereits früher von Berthelot nachgewiesen worden, und für den vorliegenden Versuch wird sie durch die beobachtete Entwicklung von Wasserstoffgas sehr nahe gelegt.

t) Fleischextract 1 Proz., Salicin 0,3 Proz., Citronensäure 0,5 Proz., ohne Luft. — Sprosshefe mit einer noch

grösseren Menge von Spaltpilzen, welche wahrscheinlich die Zuckerbildung aus dem Salicin bewirkten.

u) Fleischextract 1 Proz., Amygdalin 0,3 Proz., Citronensäure 0,5 Proz., ohne Luft. — Reichliche Sprosshefe, dabei Spaltpilze, denen wohl die Zuckerbildung aus dem Amygdalin zuzuschreiben ist.

45. Fleischauszug (aus gehacktem Fleisch mit der doppelten Menge destillirten Wassers, dem auf 125 ccm 1 Tropfen concentrirte Salzsäure und 0,6 g Kochsalz zugesetzt war, während 6 Stunden bei Zimmertemperatur bereitet) verhält sich ganz wie Fleischextract. Mit 0,2 bis 0,5 Proz. Phosphorsäure versetzt, ernährt derselbe bei Ausschluss der Luft wohl noch spärlich die Spaltpilze, aber nicht die Sprosshefenzellen.

46. Harn ernährt bei Luftabschluss die Sprosspilze nicht, man mag ihn mit Säure versetzen oder nicht. Bei Luftzutritt vermag er ziemlich reichliche Sprosshefe zu bilden, wenn man ihm zur Abhaltung der Spaltpilze 0,5 bis 1 Proz. Weinsäure oder Citronensäure zufügt. — Bei Zusatz von Glycerin (4,5 bis 9 Proz.) vermehren sich die Sprosspilze, wenn die Luft abgehalten wird, ebenfalls nicht; dagegen begünstigt das Glycerin ihre Vermehrung bei Luftzutritt sehr beträchtlich.

Wird der Harn mit Zucker (9 Proz.) und Säure (0,5 oder 1 Proz. Citronensäure) versetzt, so findet bei Luftabschluss reichliche Sprosshefenbildung, dann aber auch Spaltpilzbildung statt, was wohl so zu erklären ist, dass der Harnstoff in kohlensaures Ammoniak übergeht, wo durch die Säure neutralisirt wird. — Enthält der Harn 9 Proz. Zucker und 4,5 Proz. Alkohol (absolut.), so bleibt bei Abschluss von Luft die Vermehrung der Spross- und Spaltpilze aus; während bei Luftzutritt zuerst die Spaltpilze sich vermehren und Milchsäure erzeugen, worauf die Sprosspilze zu wachsen beginnen.

47. Eiweiss und Eigelb von Hühnereiern mit oder ohne Säurezusatz kann bei Ausschluss von Luft die Sprosspilze nicht ernähren, wohl aber die Spaltpilze. Eine Nährlösung enthielt beispielsweise 33 Proz. Eiweiss oder Eigelb und 1 Proz. Citronensäure; in andern waren die Mengen von Eiweiss und Eigelb geringer.

48. Blutalbumin (4 Proz.) und Phosphorsäure (0,5 Proz.) mit etwas neutralisirter Erbsenasche ernähren die Sprosshefenzellen nicht, wenn die Luft abgehalten wird, — wohl aber bei Zutritt derselben.

49. Asparagin 1 Proz., Phosphorsäure ($P_2 O_5$) 0,3 Proz., Hefenasche, ohne Luft. — Keine Sprosshefe.

b) Ebenso mit Luft. — Mässige Sprosshefenbildung.

50. Harnstoff 1 Proz., Citronensäure 2 Proz., mit Phosphorsäure neutralisirte Erbsenasche, ohne Luft. — Keine Sprosshefe.

b) Ebenso, mit Luft. — Mässige Sprosshefenbildung.

c) Harnstoff 1 Proz., Glycerin (von 1,2 spezif. Gew.) 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz., neutralisirte Erbsenasche, ohne Luft. — Keine Sprosshefe.

d) Ebenso, mit Luft. — Reichliche Sprosspilze und Spaltpilze.

e) Harnstoff 1 Proz., Zucker 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz., neutralisirte Erbsenasche, ohne Luft. — Reichliche Sprosspilze und Spaltpilze.

51. Ammoniaksalze (z. B. der Weinsäure, Essigsäure) allein vermögen, wiewohl ziemlich kümmerlich, die Sprosspilze bei Zutritt von Luft zu ernähren, zu welchem Zwecke die Spaltpilze durch freie Säure und die Schimmelpilze durch Reinkultur auszuschliessen sind. Bei Abhaltung der Luft findet keine Ernährung statt.

Wenn die Nährlösung ausser dem Ammoniaksalz noch Glycerin enthält, so ist der Erfolg bezüglich der Sprosspilze der nämliche, nur dass das Wachsthum unter dem

Einfluss des freien Sauerstoffs viel lebhafter wird, während es ohne denselben gleichfalls ausbleibt.

Aeusserst lebhaft ist das Wachsthum der Sprosspilze, wenn statt des Glycerins sich Zucker in der Flüssigkeit befindet und wenn reichlicher Sauerstoff zutritt. Doch wird bei dieser Nahrung die Hefe geschwächt und stirbt zuletzt ab. Enthält beispielsweise die Nährlösung 9 Proz. Zucker, 1 oder 0,5 Proz. neutrales weinsaures Ammoniak und etwas mit Phosphorsäure neutralisirte Erbsen- oder Hefenasche, und wird diese Lösung je nach 2 Tagen erneuert, so kann während der ersten 4 Tage die Hefe sich auf das 4 fache Gewicht vermehren, wenn die Trockensubstanz der jedes Mal zur Aussaat benutzten Hefenmenge 3 bis 4 Proz. der Nährflüssigkeit ausmacht. Aber das Wachsthum ist am Ende dieser kurzen Zeit schon viel träger geworden und es hört bei Fortsetzung des Versuches bald ganz auf, wobei die Spaltpilze die Oberhand gewinnen. Durch Erhöhung der Temperatur auf Brütwärme, durch reichliche Luftzufuhr, durch Zusatz einer grösseren Menge von Kaliphosphat und durch Anwendung von Nährsalzen statt der Asche wird zwar die Vegetation im Allgemeinen sehr befördert und durch etwas Säure werden die Sprosspilze gegenüber den Spaltpilzen begünstigt. Doch erleiden selbst unter den allergünstigsten Bedingungen die Sprosspilze, die den Stickstoff bloss in Form von Ammoniak erhalten, eine zunehmende Schwächung und gehen ihrem sicheren Untergang entgegen. Es lässt sich das Gewicht der Bierhefe mit Zucker und weinsaurem Ammoniak unter Durchleitung von Luft im Brütkasten während 64 Stunden auf das 12fache vermehren. Aber die Hefezellen sind dann viel fettreicher und stickstoffärmer geworden und sie sind in ihrer Lebensenergie geschwächt, indem sie an Gärtüchtigkeit eingebüsst haben und viel leichter der Concurrenz der Spaltpilze erliegen (vgl. auch Nr. 52, 53).

Wird der Zutritt der Luft verhindert, so vermögen Ammoniaksalze mit Zucker die Sprosspilze zwar noch durch viele Generationen zu ernähren, aber die Vermehrung ist jetzt eine viel geringere und hört in Folge von Erschöpfung nach viel weniger Generationen auf als bei Zutritt von Sauerstoff.

Das Gesagte gilt für alle Ammoniaksalze, wobei indessen zu bemerken ist, dass wenn dieselben für sich allein die Sprosspilze ernähren sollen, das weinsaure, citronensaure, bernsteinsaure Salz günstiger wirkt als das essigsaure, und dieses günstiger als das salicylsaure und benzoësaure Ammoniak. Befindet sich aber Glycerin oder Zucker in der Nährflüssigkeit, so verhalten sich die verschiedenen Ammoniaksalze fast gleich, insoferne sie nicht antiseptisch wirken; auch das salpetersaure Ammoniak giebt keine ungünstigeren Resultate als die übrigen. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass bei Abschluss von Luft die Sprosspilze (wie alle Pilze) viel empfindlicher sind und daher ein allfälliger Säurezusatz sehr vorsichtig zu bemessen ist. So erweisen sich beispielsweise 0,8 Proz. Citronensäure in einer 9 proz. Zuckerlösung, welche 0,5 Proz. neutr. citronensaures Ammoniak und etwas Hefenasche enthält, entschieden als zu viel. Die Vermehrung der Sprosshefenzellen ist in diesem Falle äusserst träge; sie dauerte in mehreren Versuchen nach 2 Jahren noch fort; es hatte sich in dieser langen Zeit äusserst wenig Hefe gebildet und es war fast kein Zucker durch Gärung verschwunden. — Schädlicher als Citronensäure und Weinsäure wirken freie Essigsäure und freie Salpetersäure. Gänzlicher Mangel an freier Säure gewährt zwar die günstigsten Bedingungen für das Wachsthum der Sprosspilze, aber auch die grösste Gefahr, dass sie durch die Spaltpilze verdrängt werden.

Die nachfolgenden Versuche sind von Dr. O. Löw ausgeführt und beschrieben worden.

52. Ernährung der Sprosshefe durch weinsaures Ammoniak und Zucker unter dem Einfluss von Luft und Wärme (Oct. 1877).

Es ist eine seit lange gemachte Erfahrung, dass Luftzutritt und mässige Erwärmung das Wachsthum der Sprosshefe begünstigen, allein über den relativen Einfluss dieser Factoren sind noch keine näheren quantitativen Angaben bekannt und wurden desshalb folgende Versuche angestellt:

Vier Flaschen a, b, c, d, erhielten gleiche Mengen Bierhefe, nämlich je 2,652 g Trockensubstanz entsprechend, und je einen Liter Nährflüssigkeit von folgender Zusammensetzung:

Zucker [9])	10	Prozent
Ammontartrat . .	0,5	„
Dikaliumphosphat .	0,035	„
Magnesiumsulfat .	0,006	„
Calciumchlorid . .	0,0015	„
Ammonsulfat . . .	0,0061	„

Die Flaschen a und c wurden in den Brütkasten (28—32° C) gestellt, b und d hatten Zimmertemperatur (15—19°); mit continuirlichem Luftstrom wurden a und b behandelt.

Nachdem so viel Zucker verschwunden war, dass man einen süssen Geschmack kaum mehr wahrnehmen konnte, wurde die überstehende Flüssigkeit von der Hefe abgegossen und neue Nährlösung zur Hefe gegeben. Aus der abgegossenen Flüssigkeit setzte sich nach längerem Stehen an einem kühlen Orte stets noch etwas Hefe ab, welche dann in die betreffenden Flaschen zurückgegeben wurde.

9) Unter Zucker ist hier stets der Colonialzucker des Handels zu verstehen.

Mit der fortschreitenden Gärung trat eine zunehmende saure Reaction [10]) auf, welche durch titrirte Ammoniakflüssigkeit neutralisirt wurde, um dem Hefenwachsthum keine ungünstigen Bedingungen erwachsen zu lassen. Bei a und c, also da wo höhere Temperatur einwirkte, erwies sich die Säurebildung am stärksten.

Am 10. Tage wurden die Versuche unterbrochen, die Ernten gewaschen und in Cylindergläschen absetzen lassen, um das Volum mit dem Gewichte vergleichen zu können, dann 1/10 zur Trockensubstanzbestimmung verwendet.

Das Resultat war folgendes:

	Verbrauchte Liter Nährlösung	Erntegewicht	Erntevolum in cc	Ernte, im Vielfachen der Aussaat	Gewicht eines cc Hefe, nach dem Trocknen	Verbrauchte Menge Ammoniak
a	7	7,72 g	43,7	2,91	0,176 g	6,32 g
b	4	6,04	36,7	2,27	0,164	3,75
c	6	4,29	26,5	1,62	0,162	5,81
d	5	2,81	18,1	1,06	0,155	4,20

Gleichzeitiger Einfluss von Luft und Wärme begünstigte also in dem verhältnissmässig kurze Zeit dauernden Versuche das Resultat ungemein; denn in a wurde nicht nur das grösste Erntegewicht, sondern auch die bestgenährte Hefe erhalten, was aus dem Vergleich der specifischen Gewichte sich ergiebt.

Aus dem Resultat bei d ergiebt sich aber, dass die angewandte Nährlösung bei mangelhaftem Luftzutritt und gewöhnlicher Temperatur keine günstige Ernährung herbeiführte.

10) Auf eintretender Milchsäuregährung beruhend.

Die Stickstoffbestimmungen in den Ernten ergaben folgendes Resultat:

	Absolute Menge Stickstoff:	Stickstoff in Prozenten:
a	0,529	6,85
b	0,347	6,18
c	0,299	6,97
d	0,197	7,03
Aussaat	0,238	9,00

Es geht daraus hervor, dass während bei gleichzeitiger Anwendung von Luft und Wärme die Eiweisssubstanzen um mehr als das Doppelte zunahmen, bei Abwesenheit dieser Factoren sogar eine Verminderung (durch Ausscheidung) eintrat. —

53. (März 1879). Bei einem andern Versuche mit Bierhefe wurde bei gleichem Zuckergehalt der Lösung die Menge des Ammontartrats auf 1 Prozent, und die des Dikaliumphosphats ebenfalls auf 1 Prozent erhöht; die Menge des Magnesiumsulfats betrug 0,01 Prozent, des Chlorcalciums: 0,0025 Prozent. Ammonsulfat wurde weggelassen. Das Gewicht der Trockensubstanz der angewandten Hefe [11]) betrug = 0,769 g; die angewandte Nährlösung anfangs 200 cc; sie wurde 3 mal erneuert und das letzte Mal auf 400 cc erhöht. Da es sich hier nur darum handelte, den Einfluss eines constanten Luftstroms näher zu bemessen, so wurden die Flaschen keiner höheren Temperatur ausgesetzt; es ergab sich nun für die Ernte

bei constant durchgeleitetem Luftstrom: 2,093 g
ohne Luftstrom: 1,478 g;

im ersten Falle also das 2,72 fache, im letzten nur das 1,92 fache der Aussaat.

11) Sie wurde unmittelbar nach Entnahme aus dem Bier-Gärbottig verwendet, nachdem sie einmal mit Wasser gewaschen war.

54. (März 1879). Vergleichung von Pepton und Ammontartrat bei Ernährung der Sprosshefe. Da Pepton einerseits dem Eiweiss ausserordentlich nahe steht [12]), andererseits im Gegensatz zu letztrem in einem gewissen Grad der Diosmose fähig ist, so lag es nahe zu vermuthen, dass es in Verbindung mit dem Cellulose liefernden Zucker die beste Nährmischung für Pilze abgeben müsse. In der That haben schon unsre Versuche mit Schimmel dieses Resultat voraussehen lassen (vgl. Mittheilung vom 3. Mai).

Die beiden Nährlösungen enthielten a) 1 Proz Ammontartrat, b) 1 Proz. Pepton; im Uebrigen war die Zusammensetzung wie die soeben beschriebene (auf 100 Wasser, 10 Zucker, 1 Dikaliumphosphat etc.)

Angewandt wurde eine 0,773 g Trockensubstanz entsprechende Hefemenge [13]) und 200 cc Nährlösung, welch' letztre nach erfolgter Vergärung erneuert und auf 400 cc erhöht wurde. Die Temperatur des Gärraumes betrug 30 bis 32° C; ein Luftstrom wurde nicht durchgeleitet. Das Erntegewicht betrug

bei a = 0,966 g; Zunahme = 0,193 g = 24,97 Proz.,
bei b = 1,611 g; „ = 0,838 g = 108,42 „

Die Zunahme ist also bei Peptonnahrung unter den gegebenen Umständen mehr als viermal so gross als bei Ammontartrat.

Es ist möglich, dass die Behandlung mit einem continuirlichen Luftstrom dieses Resultat im günstigen Sinne für Ammontartrat verändern würde. Ein Versuch in dieser Richtung musste wegen übermässiger Schaumbildung bei der Peptonnährlösung und des in Folge dessen eintretenden Verlustes unterbrochen werden. Ein weiterer Versuch,

12) Nach den neueren Untersuchungen von Maly ist es als depolymerisirtes Eiweiss zu betrachten.

13) Diese Bierhefe wurde nach zweitägigem Stehen an einem kühlen Orte verwendet.

wobei beide Nährlösungen im Brütkasten standen und nur die mit Ammontartrat mit einem Luftstrom behandelt wurde, ergab bei letztrer eine mehr als doppelt so hohe Ernte als bei der Peptonlösung. Doch lässt sich hieraus wegen der ungleichen Behandlungsweise kein Schluss ziehen.

55. Vergleich der Stickstoffernährung mit Ammoniak und Salpetersäure bei Sprosshefe (December 1877). Der Umstand, dass sowohl Schimmel- als Spaltpilze den Stickstoff aus der Salpetersäure zu assimiliren vermögen, die Sprosspilze aber hiezu unfähig sind, bildet eine zu auffallende Thatsache, als dass man sich nicht nochmals davon hätte überzeugen wollen. Die folgenden Versuche bestätigen diese Beobachtung vollständig.

Vier Flaschen wurden mit je 0,732 g Trockensubstanz entsprechender Menge Hefe [14]) und einer 9 prozentigen Zuckerlösung, deren Volum anfangs 200 cc betrug und mit der Hefezunahme auf 400, zuletzt auf 800 cc erhöht wurde, beschickt. Die Gärtemperatur betrug von 25—30°. Von den Nährsalzen wurde auf 100 Wasser: 0,035 Dikaliumphosphat, 0,006 Magnesiumsulfat und 0,0015 Calciumchlorid angewandt.

Die Flasche a erhielt nun 0,47 Prozent Ammontartrat und 0,005 Proz. Ammonsulfat.

Die Flasche b diente zum Controllversuch und mangelte hier jede Stickstoffquelle.

Bei c wurde als N-quelle eine dem Ammontartrat aequivalente Menge Natronsalpeter, und bei d Calciumnitrat zugefügt.

Bei a verlief die Gärung am schnellsten und da stets die Erneuerung der Nährlösung nach fast vollendeter Gärung stattfand, so kam es, dass schliesslich, bei Beendigung

14) Diese Hefe enthielt nach dem Trocknen bei 100° 9,29 Prozent N und 4,77 Prozent Asche.

des Versuches, nach 10 Tagen, a 2400 cc, b, c und d aber nur 1200 cc Nährlösung verbraucht hatten.

Das Erntegewicht betrug bei:

		Zunahme:
a = 2,836 g	. . . . .	2,104 g
b = 0,856	. . . . .	0,124
c = 0,880	. . . . .	0,148
d = 0,970	. . . . .	0,238

Die Stickstoff- und Aschebestimmungen gaben folgende Werthe:

	a	b	c	d	Ursprüngliche Hefe
Asche in Proz.	4,94	4,14	6,66	5,84	4,77
Stickstoff in Proz.	7.09	4,09	4,92	5,23	9,29
Absolute Menge Stickstoff in g	0,2011	0,0348	0,0377	0,0516	0,0680

Es geht also hieraus deutlich hervor, dass die geringe Gewichtsvermehrung bei b, c und d lediglich die Cellulose betraf, und eine Zunahme an Eiweisskörpern nur bei a, wo der Stickstoff in Form von Ammoniak dargeboten wurde, stattfand.

56. (Sommer 1879). Ein ähnlicher Versuch, bei welchem ausser der Temperatur des Brütkastens noch ein continuirlicher Luftstrom angewendet wurde, lieferte kein günstigeres Resultat.

Der Zuckergehalt der Nährlösung betrug 10 Prozent, die Menge des Dikaliumphosphats 1 Prozent, die angewandte Hefemenge = 1,280 g (Trockensubstanz), und die Nährlösung = 200 cc, welche 5 mal erneuert wurde. Es ergab sich bei a ohne jeden Zusatz eines N-haltigen Körpers als Ernte: 2,493 g; bei b mit Zusatz von 1 Prozent NO_3K:

2,368 g. Der Zusatz von Salpeter hatte also kein bessres Resultat herbeigeführt als Zucker allein und die erhaltene Vermehrung ist hier wohl fast ausschliesslich auf Kosten der Cellulosebildung zu setzen; da aber auch der reinste Zucker des Handels noch immer sehr geringe Mengen N-haltiger Materien enthält, so können diese wohl unter sonst günstigen Umständen bei der Hefe Verwendung finden und bei der Vermehrung mitgewirkt haben.

57. Assimilation der Salpetersäure durch Spaltpilze (Sommer 1879). Während Nitrate durch Sprosshefe nicht verändert werden, erfahren sie durch Spaltpilze bekanntlich verhältnissmässig rasch eine Reduction zu Nitriten und schiesslich zu Ammoniak. Durch folgenden Versuch konnte diese Reduction leicht dargethan werden:

Eine Nährlösung von der Zusammensetzung:

Wasser	200 g
Dikaliumtartrat . .	5
Natriumnitrat . .	2
$MgSO_4$	0,08
$CaCl_2$	0,02
K_2HPO_4 . . .	1,0

wurde in einen 5—600 cc fassenden Kolben gebracht, dieser mit doppelt durchbohrten Kautschukpfropfen versehen und von Zeit zu Zeit Luft durch den Kolben gesaugt, welche concentrirte Schwefelsäure passirt hatte. Eine Aussaat von Spaltpilzen wurde nicht gemacht, diese entwickelten sich bald aus den aus der Luft ursprünglich in die Lösung gelangten Keimen und vermehrten sich anfangs ziemlich rasch. Die Reaction wurde bald entschieden alkalisch und schon nach 2 Wochen wurde eine nicht unbeträchtliche Reaction auf salpetrige Säure mit Jodkaliumstärkekleister nach dem Ansäuern erhalten. Nach 8 Wochen wurde die gebildete Pilzmasse abfiltrirt, sie wog 0,113 g,

Allein trotz dieser verhältnissmässig geringen Masse, war doch der grösste Theil des Tartrats zu Carbonat von den Pilzen oxydirt worden, während andrerseits die Salpetersäure theils zu salpetriger Säure, theils zu Ammoniak reducirt worden war, welch' letztres sich als Carbonat in der Flüssigkeit vorfand.

58. Assimilation der Salpetersäure durch Schimmelpilze (Sommer 1879). Salpetersäure wird zwar von den Schimmelpilzen assimilirt und sicherlich also zu Ammoniak hiebei reducirt, doch salpetrige Säure lässt sich als Zwischenprodukt nicht nachweisen. Dieses mag darin begründet sein, dass wir bei Schimmelculturen stets für saure Reaction sorgten, um die Spaltpilzentwicklung zu verhindern; es ist aber auch möglich, dass jedes Molecul des aufgenommenen Nitrats direct in Ammoniak verwandelt wird, ehe das intermediär wahrscheinlich gebildete Nitrit ausgeschieden werden kann.

Gleichzeitig mit dem Versuch mit Natrium-Nitrat wurden Nährlösungen mit Ammonnitrat und Harnstoff angestellt. Die Nährlösung besass folgende Zusammensetzung:

Wasser	400 g
Glycerin	30
K_2HPO_4	0,80
$MgSO_4$	0,06
$CaCl_2$	0,02

Zwei Flaschen, a und b erhielten je 0,8 Prozent Ammonnitrat, a blieb ohne Säurezusatz, b erhielt noch 0,25 Prozent Essigsäure, c erhielt die aequivalente Menge Natriumnitrat, d die aequivalente Menge Harnstoff; c und d wurden wie b mit 0,25 Prozent Essigsäure angesäuert. Bei a entwickelten sich in Folge der mangelnden Ansäuerung bald Spaltpilze, welche das Glycerin in Gärung versetzten, wo-

durch rasch eine saure Reaction auftrat. Letztre hatte nun die Entwicklung einer Schimmelvegetation zur Folge, welche die gebildete Säure oxydirte, in Folge dessen die Reaction schliesslich wieder schwach alkalisch wurde. Salpetersäure war zum Theil jetzt noch als solche vorhanden, salpetrige Säure aber liess sich nicht nachweisen. Die Ernte betrug 0,735 g. Bei b, c und d waren in Folge anfänglicher Ansäuerung keine Spaltpilze aufgetreten, die anfangs zugesetzte Essigsäure war fast völlig oxydirt worden, die Reaction der Lösungen nur noch sehr schwach sauer. Der Schimmel entwickelte sich zuerst am lebhaftesten auf c, später bei d. Der oberflächlichen Ausbreitung nach schien bei a die Schimmeldecke am bedeutendsten. Bei b war die Sporenbildung am stärksten. Die Ernten betrugen bei:

b = 1,655 g
c = 1,770
d = 3,519

59. Verhalten von Methylamin und Aethylamin mit und ohne Zucker (Mai 1879). Da bei einem früheren Versuche, bei welchem eine Nährlösung von salzsaurem Methylamin 2 Jahre sich überlassen worden war (Versuch 35) Spaltpilze ernährt hatte, so wurde der Versuch mit Methylamin und Aethylamin bei Schimmelpilzen wiederholt: Hiezu dienten folgende Nährlösungen:

a		b
Wasser	200	Erhielt statt Methylamin Aethylamin.
Salzsaures Methylamin	2,5	
Dikaliumphosphat .	0,25	
$MgSO_4$	0,08	
$CaCl_2$	0,02	
Phosphorsäure . .	1,25	

Die ausgesäten Sporen trieben kurze Fäden und starben dann ab. Als man sich nach mehreren Wochen für über-

zeugt halten konnte, dass auf dieser Nährlösung keine Pilz-Entwicklung möglich sei, wurden zu a noch 12 g Zucker gesetzt, worauf eine äusserst energische Schimmelentwicklung erfolgte; die Ernte betrug nach 41 Tagen 3,230 g (bei 100° getrocknet).

Was b betrifft, so wurde diese Lösung in 2 Hälften getheilt und die eine mit Kali neutralisirt und mit Spaltpilzen inficirt; aber nach mehreren Wochen zeigte sich hier keine Entwicklung.[15] Die andre Hälfte wurde nach dem Neutralisiren mit 5 g Zucker versetzt, worauf eine lebhafte Spaltpilzvegetation eintrat.

Der Stickstoff substituirter Ammoniake kann also von Schimmel- und Spaltpilzen leicht assimilirt werden; ja ein Vergleich ergab, dass salzsaures Methylamin mit Zucker ein besseres Resultat lieferte als Salmiak mit Zucker. Sprosshefe scheint sich auch hier wieder abweichend zu verhalten; denn in einem Versuch verhielten sich die Zunahmen bei salzsaurem Aethylamin und Salmiak nahezu wie 1:2; bei ersterem traten auffallend rasch Spaltpilze auf.

60. Verhalten des Propylamins (Juni 1879). Nach den Versuchen mit Methyl- und Aethylamin erschien es von Interesse, noch das nächst höhere Glied betreffs der C- und N-Assimilirbarkeit durch Pilze zu versuchen. Es wurden desshalb aus den salzsauren Verbindungen dieser 3 Basen Nährlösungen hergestellt und diese diesmal im Brütkasten[16] bei 30—32° längere Zeit stehen lassen. Die Zusammensetzung war:

---

15) Ein Kontrollversuch, bei welchem Methylamin und Aethylamin weggelassen wurden, gab in der nämlichen Zeit eine Schimmelernte von 0,0018 g, also nur den 1800ten Theil.

16) Bei gewöhnlicher Temperatur zeigte auch nach mehreren Wochen die Propylamin-Nährlösung keine Pilz-Entwicklung.

Wasser	200	g
Salzsaure Base . .	2,0	
Dikaliumphosphat .	0,5	
$MgSO_4$	0,04	
$CaCl_2$	0,01	

Methyl- und Aethylamin-Nährlösung blieben diesmal wieder ohne Pilz-Entwicklung, bei Propylamin aber bildete sich langsam eine Vegetation von röthlich gefärbten Spaltpilzen. Es können letztre also aus Propylamin nicht nur ihren Bedarf an N, sondern auch den an C decken; wenn unter sonst gleichen Umständen bei Methyl- und Aethylamin dieses nicht der Fall ist.

61. Ernährung durch Trimethylamin und Zucker (Sommer 1879). Da Trimethylamin und Triaethylamin bei Abwesenheit irgend einer andern Kohlenstoffquelle für Spaltpilze ebensowenig günstig sich erwiesen [17]), als Methyl- und Aethylamin, so wurde ein Gemenge von Trimethylaminsalz und Zucker versucht, um zu sehen, ob wenigstens der Stickstoff dieser tertiären Base zur Assimilation dienen könne. Die Nährlösung besass folgende Zusammensetzung:

Wasser	100	g
Essigsaures Trimethylamin	0,5	
Zucker	5,0	
Dikaliumphosphat . . .	0,2	
Magnesiumsulfat . . .	0,02	
Calciumchlorid . . .	0,002	

Diese Lösung (a) wurde mit Spaltpilzen inficirt, während eine zweite (b), ganz gleich zusammengesetzte noch 1 Proz. Phosphorsäure erhielt und mit Schimmelsporen besät wurde. Gleichzeitig wurden hiezu 2 Kontrollflaschen ohne Trimethylaminsalz aufgestellt.

---

17) Diese Nährlösungen enthielten 1 Prozent der salzsauren Basen und die unorganischen Nährsalze, mit Spaltpilzen inficirt entwickelten sie selbst nach längerer Zeit keinerlei Vegetation.

Bei dem Kölbchen a trat bald eine rapide Spaltpilz-Vegetation ein, und in Folge dessen Milchsäurebildung. Letztre hatte, weil nicht neutralisirt, bald einen Stillstand zur Folge, welchen sich nun Schimmelpilze zu Nutze machten. Nach 3 Monaten wurde dieser Schimmelrasen abfiltrirt, er wog bei 100° getrocknet: 1,080 g. In dem Kontrollkölbchen trat anfangs ebenfalls eine wenn auch geringe Spaltpilz- und später Schimmelbildung auf (in Folge des geringen Gehalts des Zuckers an N-haltigen Materien), allein die Totalernte betrug hier nur 0,042 g.

Das Kölbchen b entwickelte von Anfang an Schimmel, ohne Spaltpilze, die Ernte betrug nach 2 Monaten 1,167 g, beim Kontrollversuch nur 0,120 g.

Der Stickstoff kann daher auch assimilirt werden, wenn 3 Atome H im Ammoniak durch Methyl ersetzt sind.

62. Verhalten von Ferrocyankalium bezüglich der Stickstoffassimilation (Juni 1878). Da Spalt- und Schimmelpilze ihren Stickstoffbedarf aus Nitraten sowohl als aus Ammoniak und Substitutionsprodukten des letztren decken können, so fragte es sich weiter, wie sie sich in dieser Beziehung gegen Cyan- und Nitroverbindungen verhielten. Bei dem das Cyan betreffenden Versuch diente folgende Nährlösung:

Wasser	500
Zucker	15
Ferrocyankalium .	3
Dikaliumphosphat .	0,50
Magnesiumsulfat .	0,16
Calciumchlorid . .	0,04

Ausgesäte Schimmelsporen kamen hier nicht zur Entwicklung [18]), dagegen stellte sich bald eine Spaltpilzvegetation

18) Bei Phanerogamen erwies sich Ferrocyankalium als Gift; die Keimlinge (Buchweizen) starben nach Entwicklung der Cotylen bald ab.

und in Folge dessen Milchsäurebildung ein. Allmälig trat ein schwacher Blausäuregeruch auf, das Nesslersche Reagens deutete die Bildung von Ammoniak an, und am Boden zeigte sich ein schwachblau gefärbter Niederschlag. Offenbar hatte die gebildete Milchsäure Ferrocyanwasserstoffsäure in Freiheit gesetzt, welch' letztre leicht zersetzlich ist. Bei rascherer Zersetzung der hiebei auftretenden Blausäure würde eine hinreichende Menge Ameisensäure entstanden sein, die weitere Pilzvegetation ganz aufzuheben.

62,b. Ebensowenig wie Schimmelpilze sich entwickeln konnten, konnte es Sprosshefe. Die Nährlösung war wie folgt zusammengesetzt:

Wasser	100
Zucker	10
Ferrocyankalium .	1
Dikaliumphosphat .	1,0
Magnesiumsulfat .	0,026
Calciumchlorid . .	0,006

Die gärende Mischung wurde bei 30° mit einem Luftstrom behandelt, allein die Zunahme der Hefe war nur unbedeutend; gleichzeitig hatten sich Spaltpilze gebildet und etwas Berlinerblau abgeschieden. —

63. Verhalten von Nitroverbindungen (Juni 1879). Picrinsäure und Nitrobenzoesäure dienten zu diesen Versuchen. Die stark antiseptischen Eigenschaften der ersteren liessen von vorneherein kein sehr günstiges Resultat erwarten. In der That blieb eine ½ prozentige Lösung dieser Säure völlig unverändert. Doch da es möglich schien, dass bei günstiger Kohlenstoffquelle wenigstens der Stickstoff der Nitroverbindung Verwendung finden könnte, so wurde eine Nährlösung mit 2,5 Proz. Zucker und 0,2 Proz. Picrinsäure mit Schimmelsporen besät, aber es erfolgte nach 2 Wochen keine Spur von Entwicklung. Erst als diese Nährlösung mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt und die Menge

des Zuckers verdoppelt wurde, stellte sich eine äusserst kümmerliche Vegetation ein, die Ernte betrug nach vier Wochen nur 0,041 g.

Wegen der wenn auch sehr geringen Verunreinigungen des Zuckers war ein Kontrollversuch zu gleicher Zeit angestellt worden, bei dem die Picrinsäure fehlte; die Ernte betrug hier 0,052 g, also mehr als mit der Säure. Indessen trotzdem ist eine Mitwirkung der Picrinsäure wie erscheint nicht abzusprechen; denn im Kontrollversuch fehlten die Sporen fast ganz, während im Hauptversuch sie eine nicht unerhebliche Menge darstellten.

63,b. Bei einem Versuch mit Nitrobenzoesäure wurde eine Lösung von 3 Prozent essigsaurem Natron und 0,2 Prozent nitrobenzoesaurem Natron und den nöthigen Nährsalzen sich selbst überlassen, allein es zeigten sich keine Spaltpilze, nur langsam entwickelte sich etwas Schimmel, dessen Menge nach 6 Wochen kaum 1 cg überschritt. Im Kontrollversuch war allerdings noch viel weniger sichtbar.

Es geht also jedenfalls so viel daraus hervor, dass aromatische Nitrosäuren sehr schlechte Stickstoffquellen für die Pilze darstellen. —

64. Verhalten verschiedener anderweitiger Substanzen bei der Ernährung der Pilze.

64,a. Organische Basen, wie Chinin und Strychnin stellen sehr schlechte Nährstoffe für die Pilze dar. So bildeten Nährlösungen von 0,5 Proz. der Sulfate dieser Basen, die mit 0,1 Prozent Phosphorsäure angesäuert worden waren, nach vielen Wochen keine Spur von Schimmel. Erst nachdem nochmals das der Nährlösung gleiche Volum Wasser zugefügt wurde, bildete sich eine Minimalmenge in der Strychninlösung, aber noch immer keine Spur in der Chininlösung. —

64,b. Dass Halogensubstitutionsprodukte der Fettreihe eine schlechte Nahrung für Pilze darstellen würden, liess sich im Voraus vermuthen. Wir haben in dieser Richtung nur einen Versuch mit Chloral gemacht. Eine Nährlösung mit 0,5 Prozent dieses Körpers und 0,25 Ammonsulfat blieb selbst nach langer Zeit ganz unverändert. —

64,c. Von den Alkoholen der Fettreihe wurde der Isobutylalkohol versucht, und eine Nährlösung von:

Wasser	. . . .	300 g
Isobutylalkohol	. .	0,5
Ammonphosphat	.	0,25
Magnesiumsulfat	.	0,08
Calciumchlorid	. .	0,02
Dikaliumphosphat	.	0,30

mit Schimmel besät. Die nach 8 Monaten abfiltrirte Ernte betrug 0,048 g.

64,d. Von den Hydroxyverbindungen der aromatischen Reihe diente Pyrogallol, Gerbsäure und Chinasäure zu Versuchen.

Eine 1 prozentige Pyrogallol-Lösung (200 cc) gab bei Gegenwart von 0,2 Prozent Ammonsulfat und den nöthigen Nährsalzen eine sich sehr langsam entwickelnde Schimmelvegetation, die verhältnissmässig reich an Sporen war; die nach 6 Wochen abfiltrirte Ernte betrug nach dem Trocknen bei 100° 0,235 g [19]).

Wie Pyrogallussäure verhält sich Gerbsäure, auch sie ernährt den Schimmelpilz in einer Nährlösung mit 0,4 Proz. Gerbsäure und 1 Prozent Ammonphosphat.

64,d. Einen sehr guten Nährstoff giebt die der antiseptischen Benzoesäure so nahestehende Chinasäure ab, denn

---

19) Die Beobachtung von V. Bovet (Journ. f. pr. Chem. 19. 445), dass Pyrogallol als Antisepticum gute Dienste leiste, dürfte sich nur auf concentrirtere Lösung wie die hier angewandte beziehen.

auf einer Nährlösung mit 1 Prozent chinasaurem Kalk, 0,25 Ammonsulfat, und den nöthigen Mineralsalzen und mit 0,1 Phosphorsäure angesäuert entwickelte sich rasch eine üppige Schimmelvegetation wie nur auf einem der besseren Nährsubstanzen.

---

2. „Die Ernährung der niederen Pilze durch Mineralstoffe.“ [20])

Die Pilze bedürfen, wie die übrigen Pflanzen, ausser den Verbindungen, die ihnen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff zuführen, noch gewisse mineralische Stoffe, deren Anwesenheit bei dem Chemismus nothwendig ist, oder deren Elemente in die Constitution der Substanz eintreten. Aber die Pilze machen bezüglich der Auswahl verhältnissmässig geringe Ansprüche. Sie können mit 4 Elementen auskommen, nämlich 1) Schwefel, 2) Phosphor, 3) einem der Elemente Kalium, Rubidium oder Caesium, 4) einem der Elemente Calcium, Magnesium, Baryum oder Strontium, während die höheren grünen Landpflanzen zugleich Calcium und Magnesium und überdem noch Chlor, Eisen und Silicium bedürfen.

Da nur geringe Mengen von Mineralstoffen nöthig sind, um die Pilze zu ernähren, so muss bei den Versuchen, die dieses Bedürfniss feststellen sollen, grosse Vorsicht bezüglich der Reinheit der angewendeten Verbindungen und Gefässe obwalten, und es muss stets das Ergebniss durch Kontrollversuche geprüft werden. Man könnte, wenn jene Vorsicht nicht geübt und wenn nicht scharfe Kontrolle gehalten wird, sonst leicht zu dem irrthümlichen Glauben kommen, dass entweder die Mineralstoffe nicht nöthig sind,

---

20) Ein Theil der erläuternden Versuche wurde von Hrn. Dr. Oscar Löw angeordnet und ausgeführt; dieselben sind von ihm am Schlusse beschrieben.

oder dass sie durch die Pilze in einander umgewandelt werden. Besonders sind die Spaltpilze geeignet, den Experimentator zu täuschen, da sie oft in sehr geringen Mengen starke Trübung der Nährlösung und starke Gärung bewirken, — in Mengen, welche nur Spuren von Mineralstoffen enthalten können. — Pilzkulturen sind daher in manchen Fällen als sehr feine Reagentien auf Verunreinigungen von chemischen Verbindungen zu gebrauchen.

Was zuerst den Schwefel betrifft, so ist derselbe als Bestandtheil der Albuminate unentbehrlich und kann auch durch kein anderes Element ersetzt werden. Es sind zwar in neuester Zeit die Albuminate der Spaltpilze als schwefelfrei erklärt worden. Allein diese Annahme erscheint wegen der Analogie mit den übrigen Organismen als wenig annehmbar und ihr widersprechen auch unsere Beobachtungen.

Die Pilze entnehmen den Schwefel den Albuminaten, wenn ihnen dieselben als Nahrung zugänglich sind. Sie können ihn aber unter allen Umständen auch aus der Schwefelsäure sich aneignen, und ebensogut aus der schwefligen und unterschwefligen Säure. Es giebt sogar Versuche, aus denen man zu dem Schlusse geneigt sein möchte, dass die letzteren Verbindungen besser ernähren als Schwefelsäure. Ein sicheres Urtheil darüber wäre erst aus grösseren Versuchsreihen zu gewinnen.

Bezüglich des Schwefels gilt nämlich in besonderem Grade, was ich vorhin von der Schwierigkeit, entscheidende Kulturversuche anzustellen, gesagt habe. Er findet sich sehr leicht in hinreichender Menge als Verunreinigung, besonders des Zuckers. Aber auch Nährlösungen, denen der Zucker mangelt, zeigen ohne Schwefelzusatz oft ziemlich reichliche Pilzvegetation. So befinden sich eben unter den Versuchen zwei Gläser mit starker Trübung und mässiger Gärung, von denen das eine auf 100 ccm Wasser 0,5 g Asparagin, 3 g Glycerin, 0,2 g Dikaliumphosphat, 0,02 g

Calciumchlorid und 0,05 g Magnesiumchlorid, das andere auf 100 ccm Wasser 0,5 g Asparagin, 1 g Glycerin, 0,1 g Kaliumnitrat, 0,1 g Diammonphosphat und 0,1 g Magnesiumchlorid enthält (also beide Nährlösungen ohne eine Schwefelverbindung [21]).

Auf den Betrag der Verunreinigungen kann man einigermassen schliessen, wenn man solche „schwefelfreie" Nährlösungen mit andern vergleicht, denen eine Schwefelverbindung zugesetzt wird. So wurden früher (1876) neben Gärversuchen mit 10 g Colonialrohrzucker, 0,5 g neutralem weinsaurem Ammoniak und 0,04 g (schwefelfreier) Hefenasche Kontrollversuche angesetzt, von denen die einen 0,033 g schwefelsaures Kali, die andern 0,033 g schwefelsauren Kalk erhielten. Bei Luftabschluss wurde von den Nährlösungen ohne Schwefelverbindung die erste ihrem Volumen gleiche Menge von Kohlensäure durchschnittlich nach 161 Tagen, von denen mit schwefelsaurem Kali durchschnittlich nach 45 Tagen, von denen mit schwefelsaurem Kalk durchschnittlich nach 54 Tagen entwickelt.

Was das Kalium als Nährstoff der Pilze betrifft, so ergeben die Kulturversuche, dass dasselbe nicht durch die folgenden Elemente: Natrium, Lithium, Baryum, Strontium, Calcium, Magnesium ersetzt werden kann, auch nicht durch Ammonium, — wohl aber durch Rubidium und Caesium. Salze der beiden letzten Elemente ernähren die Pilze ebenso gut, wo nicht besser, als Kalisalze, während sie für die höheren Pflanzen unbrauchbar sind.

Auch bei diesen Versuchen ist wegen der geringen Mengen von Kalium, welche die Pilze bedürfen, auf die

---

21) Nach der Untersuchung von Dr. O. Löw lassen sich in dem verwendeten destillirten Glycerin nach Verbrennung von 30 g mit Zusatz von Soda (cp) leise Spuren von Schwefel auffinden, während 5 g Asparagin keine Spur von Schwefelreaction gaben.

Reinheit der übrigen Nährstoffe und der Gefässe zu achten, auch darauf, dass während des Versuches weder aus der Gefässwandung Kalium in die Lösung gehe, noch dass Staub aus der Luft hereinfliege. Da es kaum möglich ist, das Kalium ganz auszuschliessen und da man oft nicht weiss, wie viel etwa von demselben sich in die Nährlösung einschmuggelt, so ist es immer nothwendig, einen Kontrollversuch ohne jedes Alkali der Versuchsreihe beizufügen. Es zeigt sich dann, dass diejenigen Versuche, welche Natrium-, Lithiumsalze u. s. w. enthalten, keine grössere Pilzernte geben, als diejenigen, denen kein Alkalisalz zugesetzt wird.

Ferner ist zu bemerken, dass zu diesen Versuchen die Schimmelpilze und die Sprosspilze viel geeigneter sind als die Spaltpilze, weil ihre Ernten viel mehr ins Gewicht fallen. Die Trockensubstanz einer Spaltpilzkultur ist an und für sich sehr gering, und überdem wird ein grosser Theil der Assimilationsprodukte bald wieder ausgeschieden und zugleich mit einem Theil der Nährverbindungen durch die grosse Oxydationstüchtigkeit der lebenden Zellen verbrannt. Es geschieht daher leicht, besonders wenn der richtige Zeitpunkt überwartet wird, dass im Endresultat der verschiedenen Versuche kein bemerkbarer Unterschied gefunden wird (Versuch 67). Bei den Spaltpilzen eignet sich desswegen zur Bildung eines Urtheils die Beobachtung anderer Erscheinungen besser als der Gebrauch der Waage. Man sieht nämlich deutlich, dass Nährlösungen, welche Kalium-, Rubidium- oder Caesiumsalze enthalten, sich rascher und viel stärker trüben, und dass sie rascher und intensiver grünlich gefärbt werden (vgl. die oben gemachte Bemerkung über diese Färbung) als Nährlösungen, denen die genannten Salze mangeln.

Was die Elemente Magnesium und Calcium betrifft, welche man gewöhnlich als unentbehrlich für die Nährlösungen betrachtet, so können dieselben einander ersetzen.

Ebenso können sie durch Baryum oder Strontium ersetzt werden, nicht aber durch Kalium, noch durch ein anderes der eigentlichen Alkalien. Die einzige Versuchsreihe, die über die Vertretung der 4 genannten Elemente durch einander angestellt wurde (Versuch 71), giebt aber nur im Allgemeinen Gewissheit darüber. Es bleibt ungewiss, ob dieselben gleichwerthig seien oder ob die Pilze durch die einen, sei es durch einzelne oder durch Combinationen von zweien, besser ernährt werden als durch die anderen. Man darf nämlich auf das Erntegewicht bei Schimmelkulturen keinen grossen Werth legen, wenn irgend ein die Vegetation störender Umstand eintritt. Dies war bei der fraglichen Versuchsreihe der Fall, da die für die Schimmelpilze ungünstige Essigsäure zum Ansäuern der Nährlösung benutzt werden musste. Es ergab sich als sicheres Resultat bloss, dass jedes der 4 genannten Elemente das Wachsthum der Pilze ermöglicht, und dass ohne eines derselben das Wachsthum unmöglich wird, wie dies schon während des Versuchs aus der äusserst kümmerlichen Vegetation in dem einen Glase (d) ganz deutlich hervorging. Um über die Vergleichung bezüglich der Wirksamkeit zwischen Kalk, Magnesia, Baryt und Strontian sicheren Aufschluss zu erhalten, müssten entweder die Versuche mit freier Essigsäure so wiederholt werden, dass von jeder Nummer ein halbes Dutzend Gläser angesetzt und so die Unregelmässigkeiten im Wachsthum möglichst eliminirt würden, oder es müsste ein anderes von alkalischen Erden vollkommen freies Spaltpilz-widriges Mittel angewendet werden.

Die Beobachtung, dass unter den basischen Elementen eine gegenseitige Vertretung bald möglich, bald unmöglich ist, führt zu der Frage, ob die Rolle, welche sie beim Chemismus übernehmen, dafür irgend eine Erklärung geben könne. Es sind in physiologischer Beziehung zwei Gruppen von solchen Elementen zu unterscheiden, die nämlichen,

welche die Chemie schon längst unterschieden hat, die Alkalien und die alkalischen Erden. Eine Vertretung findet nur innerhalb jeder Gruppe statt; aus jeder Gruppe muss wenigstens Ein brauchbares Element in der Nährlösung enthalten sein. Dies beweist uns, dass die Stoffe der beiden Gruppen ungleiche Functionen in der lebenden Zelle vollbringen.

Die Salze der alkalischen Erden werden wohl nur als Einlagerungen in die organisirten Substanzen, Plasma und Zellmembran, verwendet, die ich mir als ein Festhaften der Salzmoleküle an der Oberfläche der Albuminat- und Cellulosemicelle denke. Möglicher Weise können beide Funktionen durch jeden der 4 Stoffe Magnesia, Kalk, Baryt und Strontian erfüllt werden. Die in die Albuminate eingelagerten Salze sind Phosphate, und nach Analogie möchte man erwarten, dass in den Sporen vorzüglich Magnesiumphosphat enthalten sei. Aus der bereits angeführten und später beschriebenen Versuchsreihe (Nr. 71) darf man aber wohl schliessen, dass die Sporen ebensowohl das Kalksalz als das Magnesiasalz aufnehmen können, — da die bloss Kalk enthaltende Nährlösung (c) eine ebenso grosse Ernte und ebenso reichliche Sporenmasse ergab wie diejenige mit Kalk und Magnesia (a).

Ob und in wiefern die Membran von der Regel, Kalksalze einzulagern, bei den Pilzen eine Ausnahme zu Gunsten der übrigen alkalischen Erden machen könne, darüber ergiebt sich aus der nämlichen Versuchsreihe keine Gewissheit. Man könnte sogar, wenn man die Ernteergebnisse als massgebend betrachten dürfte, jene Frage verneinen. Da nämlich alle Nährflüssigkeiten, in denen der Kalk mangelte, nicht die Hälfte des Trockengewichts von den beiden kalkhaltigen (a und c) erzeugten, so liesse sich leicht der Grund davon in der mangelhaften Ernährung der

Membran beim Fehlen des Kalkes vermuthen, da die mangelhafte Ernährung des Plasmas nicht Schuld daran sein kann.

Während die Salze der alkalischen Erden als Einlagerungen, also eigentlich im festen Zustande, in den Zellen enthalten sind, kommen die Salze der Alkalien wohl nur als Lösung in der freien und in der die organisirten Substanzen durchdringenden Zellflüssigkeit vor. Ihre Funktion dürfte eine doppelte sein. Einmal wirken sie durch ihre blosse Anwesenheit (durch katalytische Kraft oder Contactwirkung), indem ihre molecularen und intramolecularen Bewegungen und die von ihnen ausgehenden Kräfte auf die verschiedenen Lebensprocesse einen begünstigenden oder hemmenden Einfluss ausüben. Ferner mag ein Theil des Alkalis als Stoffträger bei den Umsetzungen dienen, indem sich Säureradikale vorübergehend damit verbinden.

Ueber diese Fragen giebt uns die chemische Untersuchung nur wenig Aufschluss. Wenn wir die Aschenanalysen der Bierhefe auch für die übrigen niederen Pilze als gültig betrachten dürfen, so enthalten dieselben nur phosphorsaure und pflanzensaure Salze, denn die Asche weist bloss Phosphorsäure, Kali, Magnesia und Kalk in wägbarer Menge auf[22]). Und zwar müssen es saure Phospate sein, wie sich aus den relativen Mengen ergiebt, womit auch die Thatsache übereinstimmt, dass die Bierhefe immer eine saure Reaction zeigt.

Ein Theil der Phosphate muss jedenfalls als Salze mit der geringsten Menge von Basis (RH_2PO_4), ein anderer Theil als Salze mit 2 Aeq. Basis (R_2HPO_4) vorhanden

---

22) Die zwei wohl als die zuverlässigsten zu betrachtenden Analysen von Mitscherlich ergaben

	Phosphorsäure	Kali	Magnesia	Kalk	
Oberhefe . .	53,9	39,8	6,0	1,0	= 100,7
Unterhefe . .	59,4	28,3	8,1	4,3	= 100,1

sein. Es kann ferner nicht alle Phosphorsäure an Alkalien, ein Theil derselben muss an die alkalischen Erden gebunden sein; denn wenn auch alles Kali als Monokaliumphosphat in Anspruch genommen wird, so bleibt für einzelne Analysen doch noch eine ziemliche Menge von verfügbarer Phosphorsäure.

Mit Berücksichtigung der Aschenanalysen ergiebt sich als die wahrscheinlichste Annahme, dass das Kali als Monokaliumphosphat (KH_2PO_4) und Dikaliumphosphat (K_2HPO_4) in der Zellflüssigkeit gelöst, ferner dass ein Theil der alkalischen Erden als Phosphate im Plasma und ein anderer Theil in Verbindung mit organischen Säuren (z. B. Oxalsäure) in der Zellmembran eingelagert sei.[23])

Wir können uns nun noch die Frage stellen, warum die chemisch einander nahe verwandten Elemente der Alkalien und alkalischen Erden sich physiologisch so ungleich verhalten, warum nur die alkalischen Erden zur Einlagerung dienen, warum nur die einen Alkalien in der Lösung wirksam sind. Der erstere Punkt erledigt sich vielleicht durch die Thatsache, dass die Salze der Alkalien durchweg leicht löslich sind, während diejenigen der alkalischen Erden, die hier in Betracht kommen, schwerer löslich oder unlöslich und daher der Anziehung der organisirten Substanzen eher zugänglich sind.

Was den andern Punkt betrifft, warum Kalium, Rubidium und Caesium, nicht aber Natrium und Lithium als Nährstoffe benutzt werden können, so liesse sich einmal an die wenn auch unwahrscheinliche Möglichkeit denken, dass die Salze der ersteren Elemente leichter durch Membranen und andere organisirte Stoffe hindurchgehen. Diosmotische

23) Diese Einlagerung von Oxalaten ist natürlich nicht zu verwechseln mit dem krystallinischen Vorkommen des oxalsauren Kalkes in und zwischen den Membranen, wie es bei andern Pflanzen bekannt ist.

Versuche mit phosphorsaurem Kali ($K_2 H P O_4$) und phosphorsaurem Natron ($Na_2 H P O_4$) ergaben aber, dass unter übrigens gleichen Umständen beide Salze in ganz gleichen Mengen durch eine Membran sowohl gegen Wasser als gegen einander hindurch gehen (Versuch 73).

Der Grund, warum Kalium, Rubidium und Caesium für die bestimmte Ernährungsfunktion bevorzugt sind, muss also in andern Eigenschaften gesucht werden. Ich finde nun zwischen den genannten und den übrigen Alkalien keinen andern Unterschied, der eine physiologische Erklärung für ihr ungleiches Verhalten zu geben vermag, als ihre verschiedene Verwandtschaft zu Wasser. Es scheint mir dieselbe aber vollkommen ausreichend zu sein und um so annehmbarer, als sie nicht bloss jene nährenden Alkalien, gegenüber den nicht nährenden Alkalien, sondern auch gegenüber den alkalischen Erden, als bevorzugt darthut und somit erklärt, warum auch die letzteren, soweit ihre Salze löslich sind, jene nicht ersetzen können.

Die Salze von Kalium, Rubidium und Caesium haben eine viel geringere Verwandtschaft zu Wasser, als die Salze von Natrium, Lithium, Calcium, Magnesium, Baryum und Strontium. Wir erkennen dies schon daraus, dass jene ohne und diese mit Krystallwasser fest werden, und ferner besonders aus der hiemit übereinstimmenden Thatsache, dass jene für 1 Molekül wasserfreies Salz bei der Lösung viel mehr Wärme absorbiren als diese. So beträgt beispielsweise die Lösungswärme für 1 Mol. neutrales schwefelsaures Kali ($K_2 S O_4$) — 6040 Cal. und für 1 Mol. schwefelsaures Natron ($Na_2 S O_4$) + 760 Cal. Das Natronsalz, ebenso wie es mit Wasser crystallisirt, bindet auch in der Lösung eine gewisse Menge Wasser viel fester als das Kalisalz; in Folge der dadurch bewirkten Verdichtung wird Wärme frei und das sich lösende Natronsalz verursacht

daher eine beträchtlich geringere Temperaturerniedrigung als das Kalisalz, beziehungsweise selbst eine Temperaturerhöhung wie in dem eben angeführten Fall.

Der Umstand, dass die Salze von Natrium, Lithium und die der alkalischen Erden im gelösten Zustande eine Hülle von festgebundenen Wassermolekülen haben (Hydropleonbildung), macht es nun begreiflich, dass dieselben die nährenden Alkalisalze nicht ersetzen können. Sie sind namentlich für die Contaktwirkung ungeeignet, indem die Wasserhülle des Salzmoleküls sowohl die unmittelbare Annäherung an ein anderes Molekül als auch die Uebertragung der Schwingungen und die Wirksamkeit der anziehenden und abstossenden Kräfte auf dasselbe verhindern oder wenigstens sehr erschweren muss. Auch als vorübergehender Träger von Säureradikalen eignet sich das umhüllte Salzmolekül offenbar weniger gut als das freie Salzmolekül, welches in unmittelbare Berührung treten und seine Verwandtschaft kräftiger geltend machen kann. Desswegen werden Kalisalze von der Ackerkrume und von organisirten Substanzen viel energischer festgehalten als die Natronsalze; die letzteren sind durch ihre Wasserhüllen verhindert, anderweitigen Anziehungen in sehr wirksamer Weise zu folgen.

Zum Schluss scheint es nicht überflüssig, eine kurze Betrachtung über die absoluten und relativen Mengen der einer Nährlösung zuzusetzenden mineralischen Nährstoffe anzustellen, da in dieser Beziehung nicht immer rationell verfahren wird. Zur Beurtheilung stehen nur die Aschenanalysen der Bierhefe zu Gebote. Wir dürfen in derselben als mittleren Werth 7 Proz. Asche annehmen und 0,7 Proz. Schwefel, der nicht in der Asche erscheint. Die Nährsalze müssten, um diesem Verhältniss zu entsprechen, so bemessen werden, dass eine Lösung von Kohlenstoff- und Stickstoff-

haltigen Verbindungen, die muthmasslicher Weise 1 g Pilzsubstanz (trocken gewogen) giebt, 0,0077 g der nothwendigen Mineralstoffe enthält. Da indess die Pilzzellen aus einer sehr verdünnten Lösung die Verbindungen weniger leicht aufnehmen können, so sind besonders in Nährflüssigkeiten, die geringe Mengen von organischen Stoffen enthalten und daher nur eine geringe Ernte versprechen, die aschegebenden Theile in höheren Verhältnissen zuzusetzen.

Die Pasteur'sche Nährflüssigkeit besteht aus 100 ccm Wasser, 10 g Rohrzucker, 0,1 g weinsaurem Ammoniak und Asche von 1 g Hefe (also c. 0,07 g). Da aus 0,1 g weinsaurem Ammoniak, wenn der ganze Stickstoffgehalt zur Ernährung verwendet wird, sich nicht mehr als 0,095 g Albumin oder 0,13 bis 0,17 g Sprosshefe sowie überhaupt junger Pilzmasse bilden können, welche 0,009 bis 0,012 g Asche geben, so enthält jene Nährflüssigkeit das 6 bis 7,7-fache der Aschenmenge, welche im günstigsten Falle von den Pilzen aufgenommen werden kann. Das wirkliche Erntegewicht bei dem Versuche Pasteur's betrug 0,043 g; in demselben konnte also nur der 23. Theil der zugesetzten Asche Verwendung gefunden haben. — Da ferner die Hefenasche schwefelfrei ist, so können die Pilze nur gedeihen, insofern sie den nöthigen Schwefel in den Verunreinigungen des Zuckers finden. Es ist daher jedenfalls empfehlenswerth, der obigen Nährlösung ein Sulfat zuzusetzen. Auch wäre es zweckmässig, den Ammoniakgehalt zu vermehren und, insofern nicht Gärung eintreten soll, den Zuckergehalt zu beschränken.

Als Normalnährflüssigkeit aus Zucker, Ammoniak und Asche, die sich für die meisten ohne Gärung verlaufenden Kulturversuche eignet, kann folgende bezeichnet werden:

Wasser 100 ccm, Zucker 3 g, Ammoniaktartrat 1 g, mit Phosphorsäure neutralisirte Asche von Erbsen, Weizen-

körnern oder Cigarren 0,4 g, oder Hefenasche in etwas geringerer Menge.[24])

Da in dieser Nährlösung sich im günstigen Falle 0,5 g und mehr Pilzmasse bilden können, so ist die Aschenmenge nicht zu hoch angesetzt, in Anbetracht dass dieselbe sich oft langsam löst, und dass sie nicht die nämliche Zusammensetzung wie die Asche der entstehenden Pilze besitzt. Aus diesen Gründen ist es aber zweckmässiger, statt wirklicher Asche, die Mineralsalze für die Bereitung der Nährflüssigkeit zu verwenden. 1 g Hefe enthält 0,07 g (schwefelfreie) Asche und darin 0,042 g Phosphorsäure (P_2O_5), 0,028 g Kali, 0,005 g Magnesia und 0,0028 g Kalk. Danach muss die Menge und Beschaffenheit der zuzusetzenden Salze bemessen werden. Von Adolf Mayer wurde schon im Jahr 1869 als Normalmischung empfohlen: 0,1 g saures phosphorsaures Kali (KH_2PO_4), 0,01 g dreibasisch phosphorsaurer Kalk ($Ca_3P_2O_8$) und 0,1 g schwefelsaure Magnesia ($MgSO_4$). Er bezeichnet als bestnährende Lösung für Sprosshefe:

Wasser 100 ccm, Zucker 15 g, salpetersaures Ammoniak 1 g, KH_2PO_4 0,5 g, $Ca_3P_2O_8$ 0,05 g, $MgSO_4$ 0,25 g (oder crystallisirte schwefelsaure Magnesia 7 H_2O enthaltend 0,5 g).

In dieser Nährflüssigkeit könnten sich im günstigsten Fall, wenn nämlich alles Ammoniak für Albuminbildung

---

24) Bezüglich der Wahl dieser Aschen, ist zwar die Cigarrenasche am leichtesten zu beschaffen, ernährt aber, wie es scheint, am wenigsten gut. Bei einem zur Vergleichung angestellten Versuch (1876) bestand die Nährflüssigkeit aus 100 ccm Wasser, 10 g Zucker, 0,1 g neutralem weinsaurem Ammoniak. Drei Proben erhielten a 0,04 g Hefenasche und 0,033 g K_2SO_4, — b 0,06 g mit Phosphorsäure neutralisirte Cigarrenasche, — c 0,04 g mit Phosphorsäure neutralisirte Erbsenasche. Die Spaltpilzvegetation war in a und c äusserst reichlich und fast gleich, in b ebenfalls reichlich aber doch merklich geringer.

verwendet würde (wozu bei Sprosshefe die Salpetersäure untauglich ist), 3 bis 4 g Sprosshefe bilden, welche den 2,3. bis 1,7. Theil der vorhandenen Mineralstoffe in Anspruch nehmen. Da sich in Wirklichkeit kaum 1 g Hefe bildet, so verbraucht dieselbe nicht mehr als 1/7 der dargebotenen Salze, die übrigens in richtigem Verhältniss gemengt sind. Nur wird sich der phosphorsaure Kalk sehr langsam lösen; er wurde später als überflüssig weggelassen.

Cohn bediente sich für Spaltpilzkulturen der von A. Mayer angegebenen Mischung, aus welcher er jedoch den Zucker wegliess, da sich, wie er behauptet, diese Aenderung günstig erweisen soll.[25]) Dadurch gestaltet sich seine „normale Bacteriennährflüssigkeit" (1872) folgender Massen:

Wasser 100 ccm, weinsaures Ammoniak 1 g, KH_2PO_4 0,5 g, $Ca_3P_2O_8$ 0,05 g, $MgSO_4$ 0,25 g.

In dieser Nährlösung ist durch Weglassung des Zuckers das Verhältniss zwischen der Kohlenstoffquelle und den Mineralstoffen in bedenklicher Weise verrückt. 1 g weinsaures Ammoniak giebt, wenn keine anderen nährenden Kohlenstoffverbindungen zugegen sind, wie die Versuche erweisen, kaum mehr als 0,1 g organische Substanz, weil weitaus der grösste Theil der Weinsäure verbrannt wird; ohne diesen Verbrennungsprocess können die Pilze, bei Ausschluss von Zucker oder einer anderen leicht vergärenden

25) Die beobachtete günstige Wirkung des Zuckermangels mag in einzelnen Fällen dadurch bedingt sein, dass bei Anwesenheit von Sprosspilzen reichlichere Mengen von Zucker diese gegenüber den Spaltpilzen begünstigen, oder dass für solche Spaltpilze, die sich dem Fluss- oder Sumpfwasser angepasst haben, die 15 g Zucker auf 100 Wasser der Mayer'schen Nährflüssigkeit eine zu concentrirte Lösung darstellen. Im Allgemeinen aber befördert der Zusatz von Zucker ganz auffallend das Wachsthum der Spaltpilze, und es ist im ersten der angeführten beiden Fälle. bloss für Reinkultur der Spaltpilze zu sorgen und im zweiten der Zuckergehalt auf 2 bis 4 Prozent zu beschränken.

Verbindung, die Weinsäure gar nicht assimiliren. 0,1 g Pilzmasse enthält etwa 0,007 g Asche, und es kann die Pilzvegetation nicht mehr als etwa 1/70 der in der Nährlösung befindlichen Mineralsalze assimiliren. — Ferner ist zu berücksichtigen, dass jedes Salz, das in einiger Menge gelöst ist, nachtheilig auf die Ernährung der Pilze und bei Spaltpilzkulturen in erhöhtem Grade nachtheilig wirkt, wenn es ein saures Salz und wenn die Nahrung schwer assimilirbar ist. Desswegen halte ich 0,5 Prozent des sauren Phosphats mit 1 Prozent Ammoniaktartrat für eine wenig geeignete Combination.

Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass die angegebene Nährlösung ganz unbrauchbar sei; für viele gröbere Versuche, bei denen es sich nur darum handelt, gewöhnlichere und zähere Formen von Spaltpilzen in irgend einer albuminat- und zuckerfreien Nährlösung zu kultiviren, mag sie genügen. Sie könnte aber bei vergleichenden Versuchen, bei Bestimmung der Grenzen, wo die Ernährungsfähigkeit aufhört, bei Züchtungen empfindlicherer Spaltpilzformen z. B. von Krankheitspilzen und bei Züchtungen stärkerer Formen unter ungünstigen anderen Bedingungen, z. B. auch bei höherer Temperatur, den Beobachter durch eine minimale oder ganz ausbleibende Vermehrung der Pilze leicht irre führen.

Nicht besser ist die Nährflüssigkeit, welche bei dem Aufsehen erregenden Schüttelversuche Horvath's diente, und deren Zusammensetzung in Paris als Geheimniss behandelt wurde, über dessen Entwendung Klage zulässig sei. Sie besteht aus:

Wasser 100 ccm, weinsaures Ammoniak 1 g, KH_2PO_4 0,5 g, Magnesiumsulfat (wahrscheinlich ist das crystallisirte Salz $MgSO_4 + 7H_2O$ gemeint) 0,5 g, $CaCl_2$ 0,05 g [26].

26) Ich habe schon früher (Theorie der Gärung) die Mischung als unzweckmässig bezeichnet.

Für Kultur von Sprosshefe ist die Mayer'sche Normallösung ganz geeignet, weil die Sprosspilze in einer schwach sauren Flüssigkeit vortrefflich gedeihen und selber saure Salze in ihre Substanz aufnehmen. Für Spaltpilze dagegen, welche im Allgemeinen in alkalisch reagirenden Flüssigkeiten am lebhaftesten sich entwickeln und deren Wachsthum, besonders wenn Albuminate und Zucker mangeln, in manchen Fällen schon durch schwach saure Reaction gehemmt wird, muss eine Normallösung neutral sein. Ich habe daher, als ich die Verwendung von Asche aufgab (1876), mich folgender Mischung von Mineralsalzen bedient:

A. Dikaliumphosphat (K_2HPO_4) 0,1035 g, Magnesiumsulfat ($MgSO_4$) 0,016 g, Kaliumsulfat (K_2SO_4) 0,013 g, Chlorcalcium ($CaCl_2$) 0,0055 g (auf 100 ccm Wasser und 1 g weinsaures Ammoniak).

Diese Salze enthalten die Elemente Phosphor, Schwefel, Magnesium und Calcium in dem richtigen Verhältniss. Dagegen ist Kali in beträchtlichem Ueberschuss vorhanden, nämlich 0,063 statt 0,028 g. Dieser Ueberschuss bringt aber keinen Nachtheil, weil die geringen Mengen von freiwerdendem Kali als Carbonat in der Lösung enthalten sind und die alkalische Reaction etwas verstärken, in einzelnen Fällen auch organische Säuren neutralisiren.

Später wurde das Kalium im Sulfat durch Ammonium (NH_4) ersetzt, sodass die Mischung sich nun folgender Massen gestaltete:

B. K_2HPO_4 0,1 g, $MgSO_4$ 0,016 g, $(NH_4)_2SO_4$ 0,017 g, $CaCl_2$ 0,0055 g.

und noch später wurde dieser Posten ganz weggelassen und die Mischung vereinfacht auf

C. K_2HPO_4 0,1 g, $MgSO_4$ 0,02 g, $CaCl_2$ 0,01 g.

In der Wirkung der Mischungen A, B, C war übrigens kein Unterschied bemerkbar. Dieselben dürften in allen Fällen, wo die Mineralstoffe nicht schon mit der organischen

Substanz in die Nährflüssigkeit kommen, wie dies z. B. beim Fleischextract der Fall ist, sich als brauchbar erweisen. Ist dagegen saure Reaction zulässig oder wünschbar, so kann das saure Phosphat angewendet werden:

D. KH_2PO_4 0,1 g, $MgSO_4$ 0,02 g, $CaCl_2$ 0,01 g.

Was die absolute Menge der Mineralstoffe in den Nährlösungen betrifft, so hängt dieselbe natürlich von der Menge der Verbindungen ab, welche organische Substanz bilden; sie kann zu niedrig, aber auch, wie ich bereits bemerkt habe, zu hoch gegriffen werden. Im Allgemeinen gilt die Regel, dass die Pilzzellen gelöste Stoffe sich um so leichter aneignen, in je grösserer Menge dieselben vorhanden sind; dass aber alle Nährsalze von einem gewissen Concentrationsgrad an einen merkbaren schädlichen Einfluss auf das Leben ausüben. Das Optimum ihrer Concentration liegt also wenig unter diesem Grad, und ist je nach der Beschaffenheit der Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen sehr ungleich, indem Lösungen mit Albuminaten (Peptonen) oder Zucker grössere Mengen von Nährsalzen ertragen als solche, die bloss ein Ammoniaksalz oder Asparagin enthalten.

Besonders kann bei Anwesenheit von Zucker das Kaliumphosphat in erheblichen Mengen mit günstigem Erfolge angewendet werden, wie sich dies beispielsweise aus folgendem Versuche (1875/6) ergiebt.

65 a. Auf 100 ccm Wasser 10 g Zucker, 0,5 g neutrales weinsaures Ammoniak, 0,7 g Citronensäure, etwas mit Phosphorsäure gesättigte Erbsenasche.

b. Ebenso mit 0,1 g Dikaliumphosphat.

c. Ebenso mit 0,5 g K_2HPO_4.

d. Ebenso mit 5 g K_2HPO_4.

Die 4 Nährlösungen wurden mit einer geringen Menge Bierhefe, die beinahe spaltpilzfrei war, besäet. Die Vegetation verlief in d am lebhaftesten, in a am trägsten. Der Zucker verschwand zuerst in d, zuletzt in a (nach 16 Tagen).

Die Sprosshefenzellen waren in a am kleinsten, in b deutlich grösser, in c und d sehr gross. Aber das phosphorsaure Kali hatte auf die Entwickelung der Spaltpilze einen noch viel günstigeren Einfluss als auf die Sprosspilze. a enthielt am Schluss zahlreiche Sprosspilze und wenig Spaltpilze; b etwas weniger Sprosspilze als a und ziemlich viel Spaltpilze; c viel weniger Sprosspilze als b, aber sehr viel Spaltpilze; d nur wenig Sprosspilze und äusserst zahlreiche Spaltpilze. In Uebereinstimmung mit diesem mikroskopischen Befunde war in a keine, in d sehr viel Milchsäure gebildet worden. Die Gewichtsbestimmung der Trockensubstanz der Ernte hatte wegen der ungleichen Vegetation keinen Werth.

Die günstige Wirkung einer grösseren Menge von phosphorsaurem Kali auf die Sprosshefe ergiebt sich auch aus dem unten angeführten Versuche (Nr. 70), wo 2 Prozent K_2HPO_4 ein grösseres Erntegewicht ergaben als 1 Prozent, nämlich die 12fache Vermehrung der Aussaat gegenüber der 10fachen Vermehrung.

Von schlecht nährenden Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen darf in vielen Fällen nur eine verdünnte Lösung angewendet werden, von Ammoniaksalzen (mit einer organischen Säure), wenn dieselben allein vorhanden sind, im Allgemeinen nicht mehr als 1 Prozent. Da sich in einem solchen Falle bloss etwa $^1/_{10}$ des Gewichts in Pilzsubstanz umwandelt, so bedarf es dazu nur äusserst geringer Mengen von Mineralstoffen. Da aber dieselben in so weit gehenden Verdünnungen dem Wasser nur schwer von den Pilzzellen entzogen werden, so müssen sie in beträchtlich grösseren Mengen den Nährflüssigkeiten zugesetzt werden. In den obigen Mischungen A und B ist durchgehends (mit Ausschluss von Kali) der 10fache Betrag von dem, was die Pilzvegetation muthmasslich aufnehmen kann, angesetzt, in C für die Salze $MgSO_4$ und $CaCl_2$ wegen der geringeren absoluten Mengen ein noch höherer Betrag. Letztere Com-

bination dürfte wohl für die Mehrzahl der Fälle als Optimum zu bezeichnen sein. Die Normalnährflüssigkeit für Spaltpilze bei Anwendung eines Ammoniaksalzes ist demnach übereinstimmend mit C:

I. Wasser 100 ccm, weinsaures Ammoniak 1 g, $K_2 HPO_4$ 0,1 g, $MgSO_4$ 0,02 g, $CaCl_2$ 0,01 g.

Hierin kann das weinsaure Ammoniak durch gleiche Mengen von essigsaurem Ammoniak, milchsaurem Ammoniak, citronensaurem Ammoniak, bernsteinsaurem Ammoniak u. s. w. oder von Asparagin, Leucin u. s. w. ersetzt werden.

Bei Anwendung von besseren Kohlenstoff- und Stickstoff-haltigen Nährsubstanzen ist es zweckmässig, die Mineralstoffe zu vermehren. Als Normalnährflüssigkeiten für Spaltpilze können noch folgende zwei gelten:

II. Wasser 100 ccm, Eiweisspepton (oder lösliches Eiweiss) 1 g, $K_2 HPO_4$ 0,2 g, $MgSO_4$ 0,04 g, $CaCl_2$ 0,02 g.

III. Wasser 100 ccm, Rohrzucker 3 g, weinsaures Ammoniak 1 g, Mineralstoffe wie in II.

Statt 1 g weinsaures Ammoniak kann in III die gleiche Menge eines andern organischen Ammoniaksalzes oder 0,5 g salpetersaures Ammoniak oder 0,7 g Asparagin oder 0,4 g Harnstoff verwendet werden.

In den drei letzten Nährlösungen können die mineralischen Nährsalze durch Asche ersetzt werden und zwar am besten durch eine kalireiche Asche. Dieselbe muss mit Phosphorsäure gesättigt werden. Auf 100 ccm Lösung bedarf es für I 0,2 g, für II und III 0,4 g Asche.

Es giebt Spaltpilze, für welche die unter II und III angegebenen Nährlösungen mit Vortheil in ihrer Concentration erhöht werden; andere dagegen (besonders Krankheitspilze), die in einer verdünnteren Lösung besser gedeihen und für welche daher die in 100 Wasser enthaltenen Gewichtsmengen zweckmässig auf $^2/_3$ oder $^1/_2$ herabgesetzt werden. Die Nährflüssigkeiten II und III sind äquivalent der Nor-

mallösung von 1 Proz. Liebig'schem Fleischextract, welche für die Kultur der nämlichen Pilze weniger günstig sich erweist als eine 0,5 proz. Lösung. 1 g Fleischextract enthält im Mittel 0,2 g Aschenbestandtheile und 0,6 g lösliche organische Verbindungen.

Dagegen zeigt sich die nachtheilige Wirkung einer zu geringen Menge von Mineralstoffen bei guter Kohlenstoffnahrung deutlich aus den oben unter Nr. 52 angeführten Versuchen, wo die Sprosshefe in einer Nährlösung, die in 100 ccm Wasser 10 g Zucker, 0,5 g weinsaures Ammoniak, 0,035 K_2HPO_4, 0,006 $MgSO_4$, 0,0061 $(NH_4)_2SO_4$ und 0,0015 $CaCl_2$ enthielt, nur mit Durchleitung von Luft sich vermehrte, ohne Durchleitung von Luft dagegen sehr geringe Zunahme oder selbst Abnahme ihrer Albuminate erfuhr.

Die folgenden Versuche wurden von Dr. O. Löw ausgeführt und beschrieben.

66. Ernährung mit Rubidiumsalzen bei Schimmelpilzen. Bei dieser Versuchsreihe (Mai 78) wurde eine Nährlösung von folgender Zusammensetzung verwendet:

Wasser	500 g
Diammontartrat .	4
Zucker	4
Weinsäure . . .	4
Diammonphosphat .	3,2
Magnesiumsulfat .	0,08
Ammonsulfat . .	0,08
Calciumchlorid .	0,04

Während diese Lösung beim Kolben a keinen Zusatz von Salzen fixer Alkalien erhielt, wurde sie beim Kolben b mit 1,2 g Mononatriumtartrat, bei c mit der aequivalenten Menge des Kalium- bei d des Rubidium-

salzes versehen (also mit 1,36 g des ersteren und 1,68 g des letztren). Die ausgesäten Schimmelsporen entwickelten sich auf allen vier Lösungen, doch ungleich rascher bei c und d als bei a und b, welch' letztre auch weit weniger fructificirten.

Die Ernte betrug nach 7 Wochen bei:

		Stickstoffgehalt:
a . . .	0,520 g . . .	4,24 Prozent
b . . .	0,575 . . .	4,03
c . . .	1,359 . . .	5,42
d . . .	1,237 . . .	5,48

Während bei a und b der getrocknete Schimmel sehr zähe und kaum in der Porcellan-Schale zu zerreiben war, vielleicht in Folge des grösseren Cellulosegehaltes, war er bei c und d äusserst leicht zum feinsten Pulver zerreiblich. Der Stickstoffgehalt bei c und d war wie die Analyse ergab nahezu gleich und nicht unbeträchtlich höher als bei a und b. Einen misslichen Umstand bei diesem Versuche bildete die Schwierigkeit, Zucker gänzlich frei von jeder Spur Kali zu erhalten. Die niedern Pilze können aber erstaunlich geringe Mengen von Mineralstoffen haushälterisch verwerthen und darauf beruht auch sicherlich, dass bei a und b sich überhaupt Schimmelvegetation entwickeln konnte. In der That liessen sich in der Asche dieser Ernten minimale Mengen Kali deutlich nachweisen, ein Umstand, welcher die Nothwendigkeit von Kontrollversuchen klar darlegt.

67. Ernährung mit Rubidiumsalzen bei Spaltpilzen. Dieser Versuch wurde gleichzeitig mit dem vorhergehenden angestellt und auch dieselben Nährlösungen verwendet, mit dem Unterschiede jedoch, dass mit Ammoniak neutralisirt wurde. Die Menge der Nährflüssigkeit betrug je 125 ccm. Die Spaltpilze entwickelten sich der eintretenden Trübung nach zu urtheilen am schnellsten in der Rubidiumnährlös-

ung; denn nach 5 Tagen war diese bereits ziemlich trübe, während bei der Kaliumnährlösung erst schwacher Anfang hierzu gemacht war. Nach weiteren fünf Tagen war bei der Rubidiumlösung eine starke grünliche Fluorescenz aufgetreten, die sich in etwas schwächerem Grade auch bei der Kalium-, gar nicht aber bei der Natrium- und Ammonium-Nährlösung zeigte. Diese beiden Lösungen waren schon ganz trüb, während diejenige mit Natriumtartrat und diejenige ohne fixe Alkalien noch klar blieben. Später indess trübten sie sich ebenfalls und diejenige mit Natriumtartrat nahm auch eine schwach gelbgrünliche Färbung an. Schliesslich waren die Pilze in allen 4 Lösungen reichlich entwickelt. Die in einer gewissen Zeit durch Oxydation verschwundene Menge organischer Substanz hätte hier ein Maas der Entwicklung und Lebensenergie geben können, indess als nach 7 Wochen diese Bestimmung vorgenommen werden sollte, zeigte es sich, dass dieser Zeitraum bereits ein zu langer und der Verbrennungsprocess in allen 4 Flaschen dem Ende nahe war.

68. Ernährung mit Rubidiumsalzen bei Sprosspilzen. (Mai 78.)

Hiezu diente folgende Nährlösung:

a)	Wasser	700	g
	Zucker	60	
	Ammonsulfat . . .	1	
	Diammonphosphat . .	10	
	Mono-Ammontartrat .	5	
	Magnesiumsulfat . .	0,08	
	Calciumchlorid . . .	0,03	

Beim Kolben b wurde das Ammontartrat durch die aequivalente Menge des Natriumsalzes, bei c des Kalium- und bei d des Rubidiumsalzes ersetzt. Nach 12 Stunden wurden noch 40 g Zucker zugefügt. Die Gärung fand im

Brütkasten bei constantem Luftstrom statt. Nach 26 Stunden wurde absetzen lassen und der Versuch beendet. Es ergab sich bei einer Aussaat von 0,650 g frischer Bierhefe Ernte bei:

a	. .	0,674 g
b	. .	0.689
c	. .	0,862
d	. .	1,001

Also auch hier konnte Rubidium die Function des Kaliums nicht nur übernehmen, sondern in höherem Grade ausüben. Der Stickstoffgehalt der Rubidiumhefe betrug 8,34 Prozent; auch wurde das Rubidium in der Asche dieser Hefe nachgewiesen.

69. Ernährung mit Rubidium- und Caesiumsalzen bei Schimmelpilzen (Mai 1879).

Da bei den vorhergehenden Versuchen (66, 67 und 68) die Nährlösungen mit Ammon- und Natriumsalzen ziemlich reichliche Vegetationen ergeben hatten, was möglicher Weise auf Rechnung der Verunreinigung der übrigen Nährstoffe namentlich des Zuckers kam, so wurden jetzt nur Substanzen verwendet, welche leicht kalifrei zu erhalten sind und ferner die Glaskolben durch cylindrische gut verzinnte Blechgefässe ersetzt. Das Resultat war denn in der That erheblich verschieden und die Ernten bei mangelndem Kalizusatz relativ weit unbedeutender.

Die Nährlösung besass folgende Zusammensetzung:

Wasser	500
Glycerin	20
Ammonacetat . . .	5
Ammonsulfat . . .	0,1
Diammonphosphat . .	2,0
Magnesiumsulfat . .	0,08
Calciumchlorid . . .	0,03
Essigsäure	4,0

Von den fünf mit dieser Nährlösung versehenen Gefässen erhielt:

a) keinen weiteren Zusatz,
b) 0,6 Mononatriumtartrat,
c) die aequivalente Menge des Kaliumsalzes (0,7 g)
d) „ „ „ „ Rubidiumsalzes (0,9 g)
e) „ „ „ „ Caesiumsalzes (1,1 g)

Nach 2 Wochen war der Unterschied von a und b einerseits und c, d und e andrerseits sehr auffällig geworden; letztre drei Gefässe schienen nahezu gleichgrosse Schimmelrasen zu haben, die bereits kräftig entwickelt waren, während bei a und b sich nur kümmerliche Anfänge zeigten. Nach drei Wochen betrug die Ernte bei:

a . . 0,292 g
b . . 0,081
c . . 1,396
d . . 2,233
e . . 2,280

Es ergiebt sich hieraus auf's entschiedenste, dass Rubidium und Caesium das Kalium bei den Schimmelpilzen vortheilhaft zu ersetzen vermögen. Natrium vermag dieses nicht und sind den Ernten bei a und b sicherlich wieder Spuren von Kali in der Nährlösung zuzuschreiben.

99,f. Auch Lithium vermag nicht das Kalium zu ersetzen, denn bei einem Versuche mit einer 3 Prozent Ammonacetat enthaltenden Nährlösung, in der Lithium- statt des Kaliumphosphats vorhanden war, entwickelte sich selbst nach 6 Wochen keine Spur von Schimmel.

70. Vermehrung des Kaliumphosphats bei der Kultur von Sprosshefe (April 1878). Da bei früheren Versuchsreihen mit Sprosshefe verhältnissmässig geringe Mengen des Dikaliumphosphats verwendet, später aber eine erhebliche Steigerung der Ernten bei der Vermehrung dieses Salzes beobachtet worden war, so schien es von Interesse,

nähere quantitative Angaben über den Einfluss dieser Steigerung zu erhalten. Gleichzeitig damit wurde ein Versuch mit gesteigerter Ammoniakmenge gemacht.

Die Nährlösung a bestand aus:

Wasser	200 g
Zucker	20
Diammontartrat . .	1
Dikaliumphosphat .	2
Magnesiumsulfat .	0,012
Ammoniumsulfat .	0,013
Calciumchlorid . .	0,003

Bei b war die Menge des Kaliumsalzes auf das Doppelte vermehrt, bei c aber gleichzeitig dieses und das Ammontartrat auf's Doppelte. Die Kolben wurden mit je 0,566 g Trockensubstanz entsprechender Hefemenge beschickt und im Brütkasten mit einem continuirlichen Luftstrom behandelt. Nach 12 Stunden war die Gärung beendet und zeigte die Hefe bereits beträchtliche Zunahme. Die Reaction war schwach sauer. Das Volum der Nährlösung wurde nun auf 1/2 Liter erhöht und nach wieder vollendeter Gärung auf 1 Liter. Da bereits Spaltpilze sich einzustellen begonnen hatten, wie das Microscop erwies, so wurden die Ernten jetzt bestimmt. Es ergab sich bei

a = 5,56 g = 9,82 faches der Aussaat [27])
b = 6,41 g = 11,32 „ „ „
c = 6,77 g = 11,92 „ „ „

Da die Dauer der Gärungszeit nur 64 Stunden betrug, so ist diese Zunahme gegen frühere Versuche mit geringeren Phosphatmengen eine sehr bedeutende zu nennen.

---

27) Die Hefe a war locker und klumpig, b und c aber schlammig wie normale Bierhefe. Unter dem Microscope zeigte c mit sehr grossen Zellen die beste Entwicklung.

Ferner ergiebt sich, dass die Erhöhung des Phosphats von 1 Prozent auf 2 bei diesem Versuch eine Vermehrung von 0,85 g im Gefolge hatte, die gleichzeitige Vermehrung des Phosphats und des Ammonsalzes eine solche um 2,21 g. Diese Mengen erscheinen gegenüber der Zunahme in allen 3 Fällen nur unbedeutende.

Von der Hefe c wurde eine 1,51 g Trockensubstanz entsprechende Menge in je 1 Liter Nährlösung (c) vertheilt, und die erste Flasche bei 15—18°, die zweite bei 28—30° mit einem continuirlichen Luftstrom behandelt; erstre gab eine Verdoppelung der Aussaat in 42 Stunden, letztre bereits in 18. Unerwähnt kann jedoch nicht bleiben, dass auch bei diesen so günstigen Resultaten allmälig Spaltpilze auftraten und nach jeder Erneuerung der Nährlösung zunahmen.

71. Ernährung mit Kalk, Baryt, Strontian und Magnesia bei Schimmelpilzen (Juni 1879).

Die Ersetzbarkeit der Kaliumsalze durch Rubidiumsalze bei den niedern Pilzen liess vermuthen, dass hier auch ein Ersatz des Calciums durch Magnesium, Baryum oder Strontium möglich sei. Der Versuch hat dieses im Allgemeinen bestätigt, wenn auch die Erntemengen in den verschiedenen Fällen sehr von einander abwichen. Zu den Versuchen diente Schimmel — wie immer Penicillium — welcher auf je ½ Liter einer 3 prozentigen Nährlösung von essigsaurem Ammoniak ausgesät wurde, welch' letztres sehr leicht frei von allen fixen Mineralstoffen zu erhalten ist. Dikaliumphosphat war überall gleichviel vorhanden, nämlich 0,1 Prozent. Als Schwefelquelle diente unterschwefelsaures[28]) Ammon (0,04 Prozent) da die Schwefelsäure wegen des vergleichenden Versuchs mit Baryumsalzen vermieden werden musste. Um

28) Aus Sulfiten und Hyposulfiten vermag der Schwefel ebensogut als aus Sulfaten assimilirt zu werden, wahrscheinlich auch aus Sulfosäuren; dagegen nicht aus Sulfoharnstoff und Rhodanammonium.

Spaltpilze auszuschliessen war anfänglich mit 1 Prozent Essigsäure angesäuert worden; da aber diese Menge bei solch' schlechten Nährstoffen auch für Schimmel antiseptisch wirkte, so wurde nach 2 Wochen die Säure zu dreiviertel mit titrirter Ammonflüssigkeit abgestumpft, worauf dann Schimmel sich entwickelte.

Die Normallösung erhielt 0,016 Prozent $MgCl_2$
und 0,006 Prozent $CaCl_2$

womit dann Lösungen mit Abwesenheit dieser Nährsalze und Ersatz des Ca durch Ba und Sr bei An- und Abwesenheit von Magnesiumsalz verglichen wurden. Die folgende Tabelle erläutert diese Combinationen (a—h). Da wo nur Calcium und nur Baryum vorhanden war, stellte sich eine Rothfärbung der Flüssigkeit ein, auch hatten sich hier nächst der Normallösung die meisten Sporen gebildet, während bei den übrigen die Sporenbildung nur sehr gering war oder fehlte. Die Sporen hatten überall eine röthliche Färbung.

Die nach 7 Wochen gesammelte und getrocknete Ernte betrug bei:

a)	Mg,	Ca . .	0,498 g
b)	Mg,	— . .	0,153
c)	—	Ca . .	0,491
d)	—	— . .	0,026
e)	Mg,	Ba . .	0,201
f)	Mg,	Sr . .	0,190
g)	—	Ba . .	0,216
h)	—	Sr . .	0,103

Es ergiebt sich hieraus, dass bei Abwesenheit von alkalischen Erden bei d sich nur eine Minimalmenge Schimmel entwickelte [29]), und dass jene 4 Elemente sich bei den Schimmel-Pilzen zu einem gewissen Grade vertreten können.

29) Vielleicht in Folge der haushälterischen Verwerthung der in den ausgesäten Sporen enthaltenen Mineralstoffe.

72. Ausschluss von Chlor und Schwefel bei Schimmelpilzkulturen. Als Nährmittel wurde Ammonacetat angewendet. Im einen und andern Falle entwickelte sich eine nicht unerhebliche Schimmelvegetation. Die Vermuthung jedoch, als sei bei dem Ausschluss von Schwefel auch ein schwefelfreier Proteinkörper entstanden, bewahrheitete sich nicht; denn die Ernte gab mit schwacher Kalilösung erwärmt, nach dem Ansäuern, auf einem darüber gehängten mit Bleiessig getränkten Papierstreifen sofort eine deutliche Reaction auf Schwefelwasserstoff zu erkennen.[30]) Entweder haben hier kaum nachweisbare Spuren von Sulfaten in den verwendeten Nährsubstanzen eine Rolle gespielt oder es fanden aus der Luft Spuren von Schwefelwasserstoff ihren Weg in die mit Baumwollpfropf verschlossenen Kolben, die dann zur Assimilation dienten.

73. Diosmose von Kalium- und Natrium-Phosphat. Bei den Fragen, die wir uns über die physiologische Rolle der Mineralstoffe vorlegten, schien es wünschenswerth, über die relative Schnelligkeit der Diosmose des Kalium- und Natriumphosphats in verdünnter Lösung einige Versuche anzustellen.

5 g Dikaliumphosphat, in 200 cc Wasser gelöst wurden in einem cylindrischen, oben offenen, unten mit Pergamentpapier verbundenen Gefäss 36 Stunden bei 18—20° diosmiren lassen. Das in die äussere Flüssigkeit übergegangene Phosphat betrug nach dem Abdampfen und Glühen 1,850 g, entsprechend 1,951 g K_2HPO_4. Das Diaphragma hatte 44,1 qcm also waren per Stunde und Quadratcentimeter 0,00126 g diosmirt.

30) Auf diese Weise lässt sich auch der Schwefelgehalt des Spaltpilzproteins unzweifelhaft darthun. Schon sehr kurze Erwärmung der Pilze mit sehr verdünnter Kalilösung reicht hin, den Schwefel theilweise abzuspalten.

In ganz gleicher Weise wurde der Versuch mit der aequivalenten Menge Dinatriumphosphat angestellt und die Menge des per Stunde und Quadratcentimeter diosmirten Na_2HPO_4 zu 0,00133 g gefunden. Das moleculare Verhältniss des diosmirten Kalium- und Natriumsalzes ist daher 1:1,291. Im Anschluss hieran fragte es sich, wie sich die Diosmose dieser Salze gegeneinander gestalten würde. Es wurde desshalb eine Lösung von 5 g Dikaliumphosphat in 200 cc Wasser in den Dialysator (40 qcm) gegeben und gegen 200 cc Lösung der aequivalenten Menge Dinatriumphosphat diosmiren lassen. Die übrigen Verhältnisse (Zeit und Temperatur) waren genau dieselben wie oben. Aus der äussern Flüssigkeit wurde nachher erhalten: 2,679 Kaliumplatinchlorid. In der innern Flüssigkeit wurde der Gesammtglührückstand bestimmt und davon die darin enthaltene Phosphorsäure und Kali abgezogen. Aus der Differenz berechnete sich die Menge des Dinatriumphosphats zu 0,957 g. Es war also per Stunde und Quadratcentimeter 0,000666 g Dikaliumphosphat nach aussen und 0,000662 g Dinatriumphosphat nach innen diosmirt. Die Diosmose war also hier noch einmal so langsam wie oben, und als moleculares Verhältniss ergiebt sich 1:1,217.

Nachtrag zur Sitzung vom 7. Februar 1880

Herr v. Nägeli übergiebt und bespricht nachstehende Abhandlung:

„Ueber die experimentelle Erzeugung des Milzbrandcontagiums aus den Heupilzen" von Dr. Hans Buchner.

Die Annahme, dass bestimmte Spaltpilzformen als Ursache der Infectionskrankheiten zu betrachten seien, brachte zunächst noch keine Aufklärung über den Ursprung der Contagien. Denn es gelang nicht, contagiös wirkende Schizomyceten in der Natur aufzufinden, während andererseits die gelegentliche spontane Entstehung mancher contagiöser Krankheiten doch unbezweifelt feststand. Erst die durch Nägeli auf Grund allgemeiner physiologischer Thatsachen aufgestellte Theorie von der functionellen Anpassung der Spaltpilze als Krankheitserreger gewährte eine befriedigende Vorstellung über diese Fragen.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend wurde die folgende experimentelle Untersuchung unternommen, welche in dem pflanzenphysiologischen Institut des Herrn Professor v. Nägeli ausgeführt worden ist. Dieselbe hat den erwarteten genetischen Zusammenhang derjenigen Pilze, welche das Milzbrandcontagium bilden, mit einer bestimmten, natürlich und in grosser Verbreitung vorkommenden, an und für sich nicht infectionstüchtigen Pilzform, und die Möglichkeit wechselweiser Umwandlung der einen in die andere ergeben.

Diese verwandte Form bilden die sogenannten Heupilze, welche in Heuaufgüssen sich finden und vor den übrigen, dort vorkommenden Schizomyceten dadurch ausgezeichnet sind, dass sie bei mehrstündigem Kochen solcher Aufgüsse ihre Lebensfähigkeit bewahren, während alle übrigen Formen getödtet werden. Hiedurch bietet sich ein einfaches Mittel, dieselben rein zu cultiviren und auf ihre Eigenschaften zu untersuchen. Es zeigt sich denn, dass weitgehende Analogien im morphologischen und chemischen Verhalten zwischen diesen Heupilzen und den Bacterien des Milzbrandes vorhanden sind.

Die morphologische Uebereinstimmung war schon seit einigen Jahren (zuerst durch F. Cohn) bekannt. In beiden Fällen finden sich cylindrische Stäbchen oder Fäden von 0,6 — 1,2 μ Breite, an denen entweder unmittelbar oder durch Jodtinctur, Eintrocknen etc., oder erst nach Einwirkung einer bestimmten, hiezu geeigneten Ernährungsweise die Zusammensetzung aus Gliedern erkannt wird, deren Länge bald dem Breitendurchmesser entspricht, bald um das 2—3 fache denselben übertrifft. Die kürzeren Glieder entsprechen je einer einzelnen, die längeren je zwei, noch unvollständig getrennten Zellen.[1]) Charakteristisch ist dabei das Vorkommen von Winkel-Stäbchen, welche aus je zwei, an den Enden noch lose zusammenhangenden, und in einem stumpfen Winkel gegen einander geneigten, einfachen Stäbchen bestehen. Die Sporenbildung erfolgt in der Weise, dass die Zellen sich ein wenig in die Länge strecken

1) Diess ist der Grund, wesshalb Cohn's Bezeichnung dieser Pilzformen als „Bacillen" hier nicht beibehalten wird, da mit diesem Namen die irrige Vorstellung verknüpft ist, als beständen die Stäbchen je aus einer einzigen langgestreckten Zelle. — Die Behauptung A. Frisch's, dass die Milzbrandstäbchen nicht cylindrische, sondern platte bandförmige Gebilde seien, beruht auf Täuschung, wie sich beim Rollenlassen der Pilze unter dem Mikroskop leicht ergibt.

und dann die stark lichtbrechende, etwas längliche Spore in ihrem Inneren entwickeln.[1]) Die physiologische Ursache der Sporenbildung aber liegt in dem eintretenden Mangel an Ernährungsmaterial.

In chemischer Hinsicht ist beiden Formen ein hohes Sauerstoffbedürfniss und ausserdem noch eine Reihe anderer Merkmale gemeinsam. Zur Ernährung dienen beiden am besten Eiweiss und peptonartige Substanzen, während einfachere Verbindungen, beispielsweise weinsaures Ammoniak, auch bei Zuckerzusatz, dazu nicht geeignet sind. Die Zersetzung der Nährsubstanzen, welche in Folge des Wachsthums der Pilze eintritt, zeigt mit der Fäulniss mannigfache Analogien, ohne jedoch mit ihr identisch zu sein. Vorhandene Formelemente, z. B. Muskelfasern, zerfallen wie dort zu einem Brei von schmutziggrauer Farbe; die Reaction der Lösung wird stark alkalisch, und theilweise finden sich auch die nämlichen krystallinischen Zersetzungsproducte. Ebenso wie dort bilden sich Stoffe, die auf den Thierkörper als chemische Gifte wirken, in ähnlicher Weise wie das putride Gift. Im Gegensatze zur Fäulniss aber wird hier kein eigenthümlich widriger, sondern nur ein rein ammoniakalischer Geruch wahrgenommen, der unter Umständen sehr intensiv sein kann. Milchzucker wird von diesen Pilzformen nicht vergoren. Dagegen gelangen Fermente zur Ausscheidung, die coagulirtes Albumin zu lösen im Stande sind. Eiweisswürfel in Flüssigkeiten, welche Reinculturen von Heu- oder Milzbrandbacterien enthalten, werden nach einiger Zeit durchscheinend und zerfallen nach und nach vollständig.

In allen diesen Beziehungen verhalten sich beide Pilz-

---

1) Es ist durchaus unnöthig, dass die Stäbchen, wie Koch (Beiträge zur Biologie der Pflanzen von F. Cohn II. 3. H. 1877) meint, vor der Sporenbildung erst zu langen Fäden auswachsen müssten. Auch die kürzesten Stäbchen können Sporen entwickeln, wenn die Bedingungen dazu gegeben sind.

formen in gleicher Weise. Dennoch existirt aber eine Reihe von unterscheidenden Merkmalen. Bezüglich des Wachsthums zeigt sich, dass bei ruhender Nährlösung die Milzbrandbacterien stets am Boden in Form zarter Wolken vegetiren, während die Heupilze durch eine besondere Neigung und Fähigkeit zur Bildung fester und oberflächlich trockner Decken ausgezeichnet sind. Diese sehr auffallende Verschiedenheit ist für die Beurtheilung, mit welcher der beiden Pilzformen man im gegebenen Falle zu thun habe, von grosser Bedeutung. Physiologisch wichtiger aber ist der Unterschied in den quantitativen Verhältnissen des Wachsthums.

In dieser Beziehung lehren die Versuche, dass in künstlichen Nährlösungen die Heubacterien stets reichlicher vegetiren als die andern. Bei gleichzeitiger Aussaat gleicher Mengen von Heupilzen und Milzbrandbacterien in gleiche Quantitäten von Nährlösung findet sich in jedem Zeitabschnitt die Menge der gebildeten Heubacterien grösser als diejenige der andern Pilzform. Und dieses Verhältniss bleibt dasselbe, wenn auch in beiden Fällen die Nährlösungen continuirlich geschüttelt werden, wodurch jeder Unterschied hinsichtlich der Sauerstoffzufuhr hinwegfällt. Denn bei Ruhe wären allerdings die deckenbildenden Heupilze in dieser Beziehung gegenüber den anderen bevorzugt.

Zweierlei Thatsachen dienen zur Erläuterung dieses Verhaltens. Erstens vermögen die Heubacterien nicht nur Eiweiss resp. Pepton, sondern auch gewisse einfachere krystallisirende Verbindungen noch zu assimiliren, wie z. B. Leucin und Asparagin, welche den Milzbrandbacterien unzugänglich sind, und sie werden auch durch Zuckerzusatz zur Nährlösung sehr begünstigt, während derselbe auf die Menge der sich bildenden Milzbrandbacterien ohne wahrnehmbaren Einfluss bleibt. Letztere haben desshalb nur eine äusserst beschränkte Auswahl von Nahrungsstoffen, da ihnen fast

nur Eiweiss und Pepton zu taugen scheint. Zweitens zeigen sich die Heubacterien bei weitem widerstandsfähiger gegen nachtheilige Einwirkungen; sie ertragen, im Gegensatze zu den Milzbrandbacterien, eine bestimmte schwach saure und eine stark alkalische Reaction der Nährlösung noch ohne merkliche Behinderung des Wachsthums [1]) und werden auch weniger benachtheiligt durch die Anwesenheit anderer schädlich wirkender Substanzen z. B. ihrer eignen Zersetzungsstoffe.

Die Wirkung dieser beiden Umstände wird in den meisten Fällen nicht von einander zu trennen sein. Uebrigens sind die Heupilze noch in einer andern Hinsicht ausgezeichnet, nämlich in der schon erwähnten Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen, worin sie alle bekannten Organismen und namentlich die Milzbrandbacterien bei weitem übertreffen.

In allen diesen Beziehungen sind sonach die Heubacterien erheblich günstiger situirt als jene andern, und bei Aussaat beider Pilzformen in die nämliche künstliche Nährlösung dürfte man mit Sicherheit darauf rechnen, stets in Kurzem eine Ueberflügelung und Verdrängung der Milzbrandbacterien zu erhalten.

Merkwürdiger Weise kehrt sich aber dieses Verhalten vollständig um, sobald die beiden Pilzformen in den leben-

---

1) Das verschiedene Verhalten gegen geringe Säuremengen bietet ein weiteres Mittel zur Unterscheidung beider Pilzformen. Eine Lösung von passendem Säuregrad ist z. B. kaltbereiteter, während einiger Zeit auf 110—120° C. (zur Tödtung aller Pilze) erhitzter Heuaufguss. In dieser Flüssigkeit vermehren sich ausgesäte Heupilze rasch und reichlich, und es erfolgt jedesmal die Bildung einer trocknen, gekräuselten Decke, die vorzugsweise aus Sporen besteht. Milzbrandbacterien dagegen sind überhaupt unfähig, in dieser, wenn auch nur sehr schwach sauren Lösung sich zu vermehren, und es entsteht desshalb keine Vegetation, mag man auch die Aussaat derselben beliebig oft wiederholen.

den thierischen Organismus gebracht werden. Während die Heubacterien, zum Wachsthum unfähig, wie eine todte Masse im Gewebe liegen, und etwa durch Eiterung eliminirt werden oder, in's Blut eingespritzt, spurlos zu Grunde gehen, so finden die Milzbrandbacterien im Gegentheil gerade dort ihre günstigste Vermehrungsstätte. Bei geeigneten Thierarten zeigt sich, dass jedesmal auf die Einbringung einer verhältnissmässig sehr geringen Anzahl dieser Pilze in den Körper innerhalb bestimmter, kurzer Zeit der Tod des Thieres erfolgt, und dass dann im Blute, namentlich aber in gewissen Organen die Milzbrandbacterien sich ganz ausserordentlich vermehrt haben.

Um nun die Frage des genetischen Zusammenhangs dieser beiden Pilzformen aufzuhellen, war es nöthig, die Constanz der Eigenschaften zu prüfen. Hiezu aber waren Reinculturen erforderlich, zu denen es bei den Milzbrandbacterien erst eines besondern Verfahrens bedurfte. Es scheint mir vor allem nöthig, auf diesen Punct etwas näher einzugehen.

Methoden der Reincultur.

Bisher sind hauptsächlich zwei Methoden zur Gewinnung von Reinculturen pathogener Pilze angegeben und benützt worden.

Die eine ist die „Methode der fractionirten Cultur" von Klebs. Sie besteht wesentlich in der fortgesetzten Uebertragung kleiner Mengen von Pilzflüssigkeit aus den abgelaufenen Culturen in neue pilzfreie Nährlösung. Auf diese Weise hofft Klebs, „etwaige Verunreinigungen, die in der Ursprungsflüssigkeit enthalten sein mögen, zu entfernen und denjenigen Körper rein zu erhalten, welcher in der ersteren in überwiegender Menge vorhanden war."[1])

1) Archiv f. experimentelle Pathologie Bd. I. S. 46.

Es wird nöthig sein, auf die Voraussetzungen dieses Verfahrens mit einigen Worten einzugehen. Dabei sei bemerkt, dass unter den von Klebs erwähnten „Verunreinigungen" jedenfalls nur vermehrungsfähige Organismen verstanden werden können, und zwar irgend welche Formen von Schizomyceten z. B. Fäulnisspilze, wie solche fast stets in grösserer oder geringerer Zahl in den pathologischen Flüssigkeiten und krankhaften Geweben sich vorfinden werden, von denen der Ausgang zur Gewinnung von Reinculturen pathogener Pilze zu nehmen ist. Angehörige einer andern Gruppe der niederen Pilze, z. B. die Schimmelpilze, auszuschliessen, dies ist durch die Wahl der Ernährungsbedingungen in der Regel so leicht, dass es hiezu keines besondern Verfahrens bedarf.

Das Zahlenverhältniss zweier Spaltpilzformen in der gleichen Cultur wird nun bestimmt, einmal durch die anfänglich vorhandene Individuenzahl der einen und andern Form, alsdann durch die Schnelligkeit der Vermehrung, welche für jede Pilzform von deren Organisation und von den besondern Ernährungsbedingungen des Versuchs abhängt. Setzen wir den mittleren Fall, dass beiderlei Formen gleichschnell ihre Zahl verdoppeln und demnach gleichviel Generationen in derselben Zeit zurücklegen, so ist ersichtlich, dass dann niemals auf dem Wege der fractionirten Züchtung eine Reincultur erzielt werden kann. In allen übrigen Fällen dagegen wird es allerdings, bei fortgesetzter Uebertragung kleiner Mengen der Züchtung in einen Vorrath neuer (als völlig pilzfrei vorausgesetzter) Nährlösung, dahin kommen müssen, dass der eine Organismus, nämlich der schneller wachsende, den andern schliesslich vollständig aus der Cultur verdrängt. Für diesen Erfolg ist es aber natürlich principiell gleichgültig, welches das Verhältniss der Individuenzahl beider Pilzformen in der Ausgangscultur gewesen. Nur die Zeit wird hiedurch beeinflusst, welche

unter sonst gleichen Umständen zur Verdrängung der einen Pilzform benöthigt ist.[1])

Es ergibt sich hieraus, dass die „Methode der fractionirten Cultur" in der That in den allermeisten Fällen schliesslich zu einer Reincultur führen wird. Diese Reincultur aber enthält denjenigen Pilz, der unter den vorhandenen Bedingungen sich schneller vermehrt, und nicht, wie Klebs meint, denjenigen, der „in der Ursprungsflüssigkeit in überwiegender Menge vorhanden war."

Sollte daher die erwähnte Methode ihren Zweck erfüllen, so müsste der pathogene Pilz jedesmal zugleich der schneller wachsende sein. Da man jedoch hiefür keine Sicherheit besitzt, schon desshalb weil die Verunreinigungen zufällige und darum ihrer Natur nach unbekannt sind, so ergibt sich, dass die „Methode der fractionirten Cultur" zur Reinzüchtung pathogener Pilze unbrauchbar ist.[2])

---

1) Um eine Vorstellung zu geben, wie rasch unter Umständen diese Verdrängung erfolgen kann, will ich ein bestimmtes Beispiel anführen. Es betrage die Generationsdauer der schneller wachsenden Pilzform 25 Minuten — eine Zahl, die als Durchschnittswerth für die gewöhnlichen Fäulnissbacterien aus vielfachen, mit Dr. Walter Nägeli gemeinschaftlich angestellten Versuchsreihen erhalten wurde, jene der langsamer wachsenden dagegen 40 Minuten. In diesem Falle zeigt sich, dass, selbst unter der Annahme einer tausendmillionenmal grösseren Menge der langsamer wachsenden Form in der Ausgangsflüssigkeit, dennoch bei häufiger (etwa 10maliger) Umzüchtung schon nach 80 Stunden eine nahezu vollständige Verdrängung dieser letzteren Pilzform aus der Cultur stattfindet.

2) Die Milzbrandbacterien vermehren sich in allen künstlichen Nährlösungen langsamer als die gewöhnlichen Fäulnisspilze, wesshalb die Anwesenheit der letzteren in einer Züchtung von Anthraxpilzen bei fractionirter Cultur stets eine Verdrängung der pathogenen Pilze zur Folge hat. Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch andere Krankheitspilze in dieser Beziehung den Milzbrandbacterien sich analog verhalten, weil sie ja stets an die Ernährungsverhältnisse im thierischen Körper und nicht an künstliche Nährlösungen angepasst sind.

Eine zweite Methode ist die neuerdings von Pasteur[1]), speciell zur Reincultur der Milzbrandbacterien in Anwendung gebrachte. Anthraxkranken Thieren wurde unter gewissen Vorsichtsmassregeln gegen das Eindringen fremder Keime, nach einem schon seit 1863 geübten Verfahren, Blut entnommen, und davon eine kleine Menge zur Aussaat in pilzfreien Harn verwendet.

Es ist kein Zweifel, dass Pasteur wirkliche Reinculturen der genannten Pilze erhalten hat, da er das sicherste Kennzeichen derselben erwähnt, nämlich das mit blossem Auge erkennbare Wachsthum der Pilze „en filaments tout enchevêtrés, cotonneux" (verwickelte, wollige Fäden), ohne dass die in den Zwischenräumen dieser Fäden (die aus ganzen Bündeln von Pilzfäden bestehen) befindliche Flüssigkeit nur im geringsten getrübt wäre. Diese Trübung müsste nämlich eintreten, wenn andere, sich vermehrende und in der Lösung umherschwimmende Schizomyceten, z. B. Fäulnisspilze, wie sie gewöhnlich die Verunreinigungen bilden, zugegen wären.

Gleichwohl mangelt diesem Verfahren die wünschenswerthe Sicherheit und eine allgemeine Anwendbarkeit. Denn zu seinem Gelingen wird erfordert, dass in der ursprünglichen Blutportion kein einziger fremder Pilz zugegen sei, der sich bei der Züchtung rascher vermehren könnte als der pathogene. Ausserdem ist die Methode nur dann ausführbar, wenn die Pilze im Blute sich finden, und auch für diesen Fall nur bei grösseren Thieren, deren Blutgefässe die nöthigen Dimensionen besitzen.

Aus diesen Gründen habe ich ein anderes Verfahren in Anwendung gebracht, welches die erwähnten Nachtheile nicht besitzt. In der Milz von Thieren, die an Anthrax

---

1) Comptes rendus Bd. 84. S. 900.

verendet sind, finden sich Milzbrandbacterien in grosser Zahl und jedenfalls bei weitem in überwiegender Menge gegen andere, zufällig anwesende Spaltpilze. Es ist also nur erforderlich, die Milzpulpa zu zerreiben und mit pilzfreiem Wasser so hochgradig zu verdünnen, dass auf einen nicht zu kleinen Raumtheil, z. B. 10 cmm, nur mehr durchschnittlich je ein einziger Pilz trifft. Nimmt man nun diese letztere Menge zur Infection der Nährlösung, so ist der eine Pilz, den man damit durchschnittlich zur Aussaat bringt, höchst wahrscheinlich von derjenigen Form, die in der Milz bei weitem in Ueberzahl vorhanden war d. h. also ein Anthraxpilz.[1])

Dieses Isolirungsverfahren hat mir in der That sehr brauchbare Resultate und nur selten einen Misserfolg ergeben. Die Erlangung einer Reincultur von Milzbrandbacterien kann nach den oben gemachten Bemerkungen mit voller Sicherheit constatirt werden, weil das Wachsthum dieser Pilze in eigenthümlicher, schon dem blossen Auge erkennbarer Weise erfolgt.

Eine klare, pilzfreie Nährlösung, z. B. von 0,5 Procent Liebig'schem Fleischextract, die mit hoher Verdünnung von zerriebner Anthraxmilz inficirt wurde, zeigt bei Körpertemperatur folgendes Verhalten. Nach Ablauf von etwa

---

1) Sobald die richtige Grenze der Verdünnung überschritten wird, bleibt natürlich ein Theil der Aussaaten erfolglos, weil kein Pilz mehr durch dieselben übertragen wurde. Hierin bietet sich, nebenbei bemerkt, ein Mittel, um die Menge der Pilze im Ausgangsmateriale zu bestimmen. Wenn z. B. von einer grösseren Zahl gleichzeitiger Aussaaten die Hälfte ohne Erfolg bleibt, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass in dem zu den Infectionen verwendeten Raumtheil der Verdünnung noch ein Pilz vorhanden war, gleich $1/_2$. Aus dieser Grösse und der bekannten Verdünnungszahl lässt sich die ursprüngliche Pilzmenge berechnen. Beispielsweise habe ich in einem bestimmten Falle den Bacteriengehalt der Milz einer an Anthrax verendeten Maus zu $7^1/_2$ Millionen im Cubikmillimeter gefunden.

18 Stunden erscheinen die ersten Spuren der Vegetation in Gestalt vereinzelter, zierlich gekräuselter Wölkchen am Boden der völlig klaren Flüssigkeit. Allmählig breiten sich diese nun aus und überdecken den ganzen Boden des Gefässes mit einer zarten, leicht beweglichen Wolke von geringer Höhe. Damit ist die Vegetation zu Ende. Modificationen dieses Vorganges treten nur insoferne ein, als sehr häufig schon frühzeitig gekräuselte Ranken, welche aus Bündeln von Milzbrandfäden bestehen, von den am Boden lagernden Wolken sich erheben und die klare Flüssigkeit mit einem ungemein zierlichen Flechtwerk durchziehen. Eine geringe Erschütterung genügt schon, diese zarten Bildungen zu zerstören. Ihr Aussehen stimmt vollständig überein mit der oben citirten Beschreibung, welche Pasteur von den mit blossem Auge wahrnehmbaren „verwickelten, wolligen" Fäden gibt, die sich bei seinen Reinculturen der Milzbrandbacterien in der vollständig klaren Nährlösung gebildet hatten.

Diese zierlichen Gebilde sind so charakteristisch, dass sie bei einiger Uebung kaum mit irgend welchen Vegetationserscheinungen anderer Pilze verwechselt werden können. Die mikroskopische Untersuchung ergibt, dass dieselben ausschliesslich aus Stäbchen oder Fäden des Anthraxpilzes bestehen. Ungemein viel sicherer zeugt aber das fortwährende Hellbleiben der Nährlösung dafür, dass keine fremden Schizomyceten, insbesondere keine vermehrungsfähigen Fäulniss- oder Heu-Pilze zugegen sind. Denn ein einziges ursprünglich vorhandenes Individuum der letzteren Formen müsste sich sehr bald soweit vermehrt haben, dass dadurch, in Folge des Umherschwimmens dieser Pilze, Trübung der Nährlösung bewirkt würde.

Als Anhang zum Vorausgehenden scheint es mir nöthig, einige Bemerkungen über die bei der Pilzzüchtung erforder-

lichen Vorsichtsmaassregeln zu machen, hauptsächlich desshalb, weil die Methodik der Pilzculturen noch sehr im argen liegt, und die richtigen Grundsätze noch keineswegs allgemeine geworden sind.

Häufig wird schon der Fehler begangen, dass man Gefäss, Nährlösung und Verschlusspfropf, jedes für sich, desinficirt und erst nachträglich das ganze vereinigt, wobei staubhaltige Luft miteingeschlossen werden kann. Dass Erwärmen auf 60 oder 80° C. oder auch auf Siedehitze zur vollständigen Desinfection, d. h. zur Tödtung aller Pilze nicht genügt, darf jetzt wohl als bekannt gelten. Ich brauche in dieser Beziehung nur daran zu erinnern, dass die Heupilze selbst durch vielstündiges Kochen ihre Lebensfähigkeit nicht verlieren.

Eine Quelle möglicher Fehler liegt stets im Oeffnen der Züchtungsgefässe zum Zwecke der Einbringung der Aussaat. Indess ist diese Gefahr bei weitem geringer, als man gewöhnlich annimmt; sie scheint nur desshalb so gross, weil alle Verunreinigungen, die in Folge ungenügender Desinfection der Züchtungsgefässe oder der zur Aussaat gebrauchten Instrumente u. s. w. auftreten, in der Regel auf das Eindringen von Pilzstäubchen aus der Atmosphäre zurückgeführt werden. Nun ist aber der Pilzgehalt der Luft überhaupt nicht so sehr bedeutend. Bei messenden Versuchen ergab sich derselbe für den Arbeitsraum, in welchem diese Untersuchungen ausgeführt wurden, durchschnittlich zu 10 Spaltpilzen im Liter.[1]) Dann ist zu bedenken, dass Pilze und pilzführende Stäubchen in Folge ihrer Kleinheit in der Luft nur äusserst langsam herabsinken und von den leisesten Luftströmungen schon in die Höhe getragen werden. Während der kurzdauernden

1) Im Freien zeigte sich derselbe weit geringer.

Oeffnung des Züchtungsgefässes könnten dieselben daher jedenfalls nur eine ungemein kleine Strecke herabsinken, und von einem eigentlichen Hineinfallen kann offenbar gar keine Rede sein. Ihr Eindringen ist vielmehr nur dadurch möglich, dass sie mit der Luft, in welcher sie schweben, zugleich in die Züchtungsgefässe gerathen. Gefahr wäre also vorhanden, wenn grössere Luftquantitäten während der Oeffnung des Culturapparates in dasselbe eintreten. Dies ist aber bei enghalsigen und ziemlich kleinen Gefässen, wenn sie die Temperatur der umgebenden Luft besitzen, nicht zu befürchten.[1])

Um übrigens die Brauchbarkeit des gewöhnlichen Verfahrens der Uebertragung der Reinculturen von Glas zu Glas zu illustriren, theile ich einen Versuch mit, den Herr Dr. Max Gruber im selben Raume ausgeführt hat, in welchem meine Experimente unternommen worden waren. Aus 4 pilzfreien Züchtungsgefässen mit einer Lösung von 0,5 Procent Fleischextract wurde in 46 ebensolche pilzfreie Gefässe je eine kleine Flüssigkeitsmenge, genau wie sonst bei den Aussaaten, übertragen. Alle 50 Gläser kamen dann in den Brütofen. Nach 5 Tagen waren alle klar und ohne Pilzvegetation. In keinem dieser 50 Fälle wäre daher, bei Uebertragung von Reinculturen, ein Pilz aus der Luft störend dazwischen gekommen.[2])

---

1) Je staubfreier der Arbeitsraum gehalten werden kann, desto besser; nasser Boden und feuchte Wände wären am günstigsten. Die Anwendung des antiseptischen Spray dagegen, die einige Pilzforscher von den Chirurgen entlehnt haben, ist hier völlig unzweckmässig. Dieses Verfahren kann nur den Erfolg haben, einen Theil der in der Luft befindlichen Pilzstäubchen zu benetzen und dadurch zum sofortigen Niederfallen zu bringen, wodurch gerade das Umgekehrte von dem Gewünschten erreicht wird. Denn an eine Tödtung der Pilze durch kurzdauernde Berührung mit der antiseptischen Flüssigkeit ist nach den darüber angestellten Versuchen nicht zu denken.

2) Eine Beobachtungsdauer von 5 Tagen genügt zu dieser Ent-

Die Gefahr einer Verunreinigung durch Luftpilze ist also, bei richtigem Verfahren, sehr gering; trotzdem ist dieselbe stets vorhanden, und kann desshalb Sicherheit nur durch fortwährende Controle erlangt werden, die bei den Milzbrandbacterien durch die erwähnten, mit blossem Auge wahrnehmbaren Merkmale der Reinculturen und durch die charakteristischen Formen dieser Pilze unter dem Mikroskop sehr erleichtert ist. Zur fortgesetzten Cultur der Milzbrandbacterien habe ich mich übrigens eines Apparates bedient, der jene Gefahr vermied, indem er die Uebertragung der Pilze in neue Nährlösung im pilzfreien Raume ermöglichte.

Derselbe bestand aus einem grossen Gefässe zur Aufnahme der Reservenährlösung und einem kleinen, durch einen seitlichen Tubus damit verbundenen Züchtungsgefäss, in welches aus dem Reserveglas, durch einfaches Neigen des letzteren, Nährlösung zufliessen konnte. Die nach aussen führenden Oeffnungen beider Gefässe wurden pilzdicht verschlossen, das ganze im Dampfkessel keimfrei gemacht.

---

scheidung vollständig, weil die Uebertragung der Reinculturen jedesmal sogleich nach Beendigung des Wachsthums, also spätestens nach 2 Tagen ausgeführt wird. Ein anderes ist es mit der weiteren Frage, ob in jene 50 Gläser absolut keine lebensfähigen Keime aus der Luft gelangt waren. Hiezu bedarf es einer viel längeren Beobachtungsdauer, weil die im Zimmerstaub vorkommenden Pilze in Folge von Austrocknung etc. meist sehr geschwächt sind und desshalb oft lange zu ihrer Erholung und zum Eintreten eines merklichen Wachsthums bedürfen. In der That hatte sich im angeführten Falle nach 18 Tagen in 3 von den 50 Gläsern eine spärliche Pilzvegetation entwickelt, während die übrigen 47 dauernd klar blieben. Es ist also stets zu bedenken, dass das Hineinfallen eines Pilzstäubchens in die Züchtung noch keineswegs die Reinheit derselben für die Folge zu vernichten braucht. Im Gegentheil werden in den allermeisten Fällen solche Luftpilze hinter den rascher wachsenden reincultivirten in der Vermehrung zurückbleiben und auf diese Weise wieder unschädlich eliminirt werden.

Hierauf inficirte ich das Züchtungsgefäss unter kurzdauernder Oeffnung des Verschlusses mit einer Reincultur von Milzbrandbacterien. Von da an brauchte dieser Verschluss nicht mehr geöffnet zu werden. Nach Ablauf der Vegetation im Züchtungsgefässe konnte die Pilzflüssigkeit aus dessen Boden durch eine verschliessbare, enge Oeffnung abgelassen werden, die weder ein Eintreten von Luft noch einen Rücktritt der abgelaufenen Pilzflüssigkeit gestattete und daher jedem fremden Pilze den Eingang verwehrte. Die dabei im Züchtungsgefäss zurückbleibenden Reste der Pilzflüssigkeit dienten jedesmal zur weiteren Infection der aus dem Reserveglas hinzugegebenen Nährlösung. Solange diese Reservenährlösung reichte, konnte mit dem Apparate fortgezüchtet werden; bei täglich 1- bis 2-maliger Zugabe neuer Nährlösung dauerte dies mitunter bis zu 1½ Monaten.

Umänderung der Milzbrandbacterien in Heubacterien.

Unter Anwendung dieses Verfahrens liess ich reine Milzbrandbacterien in Lösungen von Fleischextract, mit oder ohne Pepton- oder Zuckerzusatz bei einer Temperatur von 35—37° C. sich vermehren. Da diese Pilze bei Ruhe nur am Grunde der Flüssigkeit vegetiren, wodurch eine ungleichmässige Ernährung bewirkt würde [1]), so bediente ich mich eines Schüttelapparates, der dem Züchtungsgefäss eine constante Bewegung ertheilte. Hiedurch war zugleich für eine reichlichere Zufuhr von Sauerstoff Sorge getragen. Mit den erhaltenen Pilzflüssigkeiten wurden fortlaufende Infectionsversuche bei weissen Mäusen gemacht, die für Milzbrand sehr empfänglich sind, und überdies keine merk-

1) Die obersten Schichten der Pilze sind alsdann in Bezug auf Sauerstoff und andere Ernährungsmaterialien ungünstiger situirt als die untersten.

liche Verschiedenheit der individuellen Disposition für diese Krankheit erkennen lassen.[1])

Das Ergebniss dieser Züchtungsversuche mit parallel gehenden Impfungen bestand merkwürdiger Weise zunächst darin, dass die infectiöse Wirksamkeit der Pilze um so geringer wurde, je mehr Generationen dieselben in der künstlichen Nährlösung zurückgelegt hatten. So oft auch der Versuch von vorne d. h. mit einer vom Thiere her direct gewonnenen Reincultur sehr wirksamer Bacterien begonnen wurde, so war doch dieses Resultat immer das gleiche; trotz der vollkommnen morphologischen Uebereinstimmung aller durch die Züchtung erhaltenen Pilze, trotzdem bei der völligen Gleichheit ihres chemischen Verhaltens und ihrer Wachsthumsweise nicht der geringste Zweifel über die Abstammung der unwirksamen von den wirksamen existiren konnte, so zeigte sich doch bei allen diesen Versuchen, dass die anfangs positiv ausfallenden Impfungen nach einiger Zeit keinen Erfolg mehr hatten.

So ergab ein Versuch mit Züchtung der Milzbrandbacterien in einer Lösung von 10 Theilen Liebig'schen Fleischextracts und 8 Theilen Pepton auf 1000 Wasser, dass die Impfungen mit der 1., 2., 3. und 4. Pilzzüchtung

---

1) Die Methodik dieser Infectionsversuche war folgende: In die Rückenhaut wurde ein kleiner Schnitt gemacht, mit stumpfer Sonde eine Tasche unter der Haut gebildet, und in diese das ringförmig eingebogene Ende eines Drathes eingeführt, in dessen Oeffnung eine bestimmte Menge durch Adhäsion und Cohäsion (in Form eines Doppelmeniscus) festgehaltner Pilzflüssigkeit sich befand. Die Infectionsinstrumente wurden vor jeder Operation ausgeglüht. — Zur Constatirung des Milzbrandes dient die mikroskopische Untersuchung von Milz und Lunge, in welchen sich beim Anthrax der Mäuse die ihrer Grösse und besondern Form wegen leicht erkennbaren Milzbrandbacterien massenhaft angehäuft finden. Unter Umständen wurden auch Controlimpfungen und Weiterzüchtungen der aufgefundenen Pilze ausgeführt.

sämmtlich Milzbrand erzeugten, jene dagegen mit der 5., 6., 7. und 8. kein positives Ergebniss hatten, soferne bei diesen die g l e i c h e P i l z m e n g e wie bei den ersteren zur Anwendung kam. Anders gestaltete sich dieses Verhältniss, wenn bei den späteren Impfungen zur Verwendung g r ö s s e r e r Impfmengen übergegangen wurde.

In einem Versuche mit Ernährung durch blosse Fleischextractlösung erwies sich beispielsweise bei Anwendung einer geringen Impfquantität die 1. Pilzzüchtung noch als wirksam, dagegen nicht mehr die 2. 3. und 4. bei der gleichen Menge. Als nun mit grösseren Pilzquantitäten geimpft wurde, war wieder wirksam die 5. Züchtung; unwirksam dagegen blieb schliesslich die 6. Ein anderesmal, bei Ernährung mit Fleischextract, Pepton und Zucker war die 2. Züchtung wirksam, unwirksam die 3. und 4.; wirksam dagegen wieder die 5., als bei dieser zu grösseren Impfmengen übergegangen worden war. Es zeigte sich denn auch, bei Anwendung dieser grösseren Pilzquantitäten einmal die 7., ein andermal die 18. Pilzzüchtung noch von Wirksamkeit, und endlich wurde selbst mit der 36. Cultur, welche in Fleischextractlösung bei Zusatz von Pepton und Zucker nach mehr als einem Monate erreicht worden war, noch tödtlicher Milzbrand erzielt. Im letzteren Falle wurden aber zur Impfung je 10 cmm des dichten, am Boden abgesetzten Pilzbreies verwendet, worin nach ungefährer Schätzung weit über 100 Millionen Pilze sich befanden. Kleinere Impfmengen dagegen blieben bei diesen späteren Culturen ohne jede bemerkbare Wirkung.

Diese unzweifelhafte Abnahme der infectiösen Wirksamkeit ist um so merkwürdiger, als gleichzeitig keine weitere wahrnehmbare Veränderung bei den Milzbrandbacterien eingetreten war. Nicht nur die morphologische Beschaffenheit zeigte sich bei der 36. Züchtung vollständig als die gleiche, die Sporenbildung verlief genau in derselben

Weise u. s. w.; auch das Verhalten bei Controlzüchtungen in verschiedene Nährlösungen liess hinsichtlich der Wachsthumsart und der chemischen Eigenschaften keine bemerkbare Abweichung erkennen, so dass es nicht möglich gewesen wäre, auf anderem Wege als durch das Thierexperiment eine Verschiedenheit der künstlich gezüchteten von ächten Milzbrandbacterien darzuthun.

Es scheint vielleicht, als ob die schwache Wirksamkeit der späteren Pilzgenerationen, der compensirende Einfluss grösserer Pilzmengen am einfachsten durch die Annahme erklärt werden könne, es sei zur Erzeugung einer Infectionskrankheit die Mitwirkung eines gelösten, aus dem thierischen Körper stammenden und nur dort entstehenden Stoffes, den man zweckmässig als „Krankheitsstoff" bezeichnen kann, mit den Pilzen durchaus erforderlich.[1])

In der That stünde eine derartige Annahme, die schon von verschiedenen Seiten her als Auskunftsmittel in Betracht gezogen wurde, in Uebereinstimmung mit manchen physiologischen Thatsachen. Die Isolirungsversuche von Chauveau, Burdon-Sanderson, Davaine, ferner von Klebs und Tiegel, Pasteur u. A. widerlegten dieselbe nicht, oder zum wenigsten nicht vollständig. Diese Ver-

1) Es beruht auf irrthümlicher Verwechslung, wenn dieser hypothetische „Krankheitsstoff" mit den eigenen Zersetzungsstoffen der Pilze zusammengeworfen wird. Die letzteren können selbstverständlich niemals völlig von den lebenden Pilzen getrennt werden, und es hätte dies auch gar keinen Sinn, weil eben der Pilz, sobald er in irgend einer Nährlösung wächst, diese Stoffe mit Nothwendigkeit stets von neuem erzeugt Jener „Krankheitsstoff" dagegen wäre eine Substanz, welche nur im erkrankten thierischen Organismus und aus Bestandtheilen desselben, entweder mit oder ohne directe Beihülfe der Pilze gebildet werden könnte.

suche zeigten zwar, dass die gelösten Antheile der Infectionsflüssigkeiten an und für sich, ohne die Pilze, die betreffende Krankheit nicht bewirken konnten, während der andere Theil der infectiösen Flüssigkeiten, welcher die Pilze enthielt, dies vermochte. Es war somit entschieden, dass die Pilze zur Infection durchaus nöthig seien. Eine andere Frage blieb es jedoch, ob die Wirksamkeit der Pilze nicht an die Anwesenheit eines gelösten „Krankheitsstoffes" gebunden sei. Ich glaube nicht, dass in dieser Beziehung die Versuche jener Forscher etwas Entscheidendes aussagen konnten, obwohl mehrere der erwähnten Experimentatoren sich bemühten, durch wiederholtes Auswaschen die Pilze möglichst von den gelösten Substanzen der Infectionsflüssigkeit zu befreien, und obschon sie mit diesen möglichst reinen Pilzen positive Impfresultate erhielten.

Zum wenigsten blieb noch der Einwand übrig, dass die Pilze, entsprechend dem Verhalten anderer pflanzlicher Zellen, Stoffe aus der Nährlösung, in welcher sie leben, hier also aus der Infectionsflüssigkeit in ihr Inneres aufnehmen können, die in der Folge, bei Uebertragung in einen andern Organismus, die Pilze in ihrer krankmachenden Wirkung zu unterstützen im Stande sind. Solche im Zellinhalte aufgenommene Stoffe würden aber jedenfalls durch blosses Auswaschen nicht zu entfernen sein.

Es gibt, um diese Annahme zu widerlegen, soviel ich sehe, nur e i n directes Mittel, nämlich die Züchtung der Infectionspilze durch viele Generationen in stets erneuten Nährlösungen, sowie sie eben hier durchgeführt wurde. Denn auf diesem Wege müssen nicht nur die ausserhalb der Pilze in der Flüssigkeit befindlichen, sondern ebenso auch die im Zellinnern vorhandenen, aus dem Thierkörper stammenden gelösten Stoffe, allmählig vollkommen eliminirt werden. Falls nun die infectiöse Wirkung der Pilze auch dann noch vorhanden ist, wenn keine in Betracht kommen-

den Spuren jener Stoffe mehr zugegen sein können, dann ist bewiesen, dass die Mitwirkung dieser Substanzen zur Erzeugung der Krankheit nicht erfordert wird. In dieser Beziehung sprechen aber gerade auf's deutlichste die im vorausgehenden mitgetheilten Versuche.

Nehmen wir an, die Milzen milzbrandiger Mäuse, von denen bei den gegenwärtigen Versuchen stets der Ausgang zur Erzielung der nöthigen Reinculturen von Anthraxbacterien genommen wurde, hätten ihrer ganzen Substanz nach nur aus „Krankheitsstoff" bestanden; alsdann ist die Quantität des letzteren, welche noch in der positiv wirkenden Impfmenge enthalten sein konnte, aus der Grösse der vorausgegangenen Verdünnungen leicht zu berechnen.

Es zeigt sich dann für jenen Versuch, bei welchem die 7. Züchtung Milzbrand bewirkte, dass die hier im Impfmaterial möglicherweise noch vorhandene Menge von „Krankheitsstoff" bereits unendlich gering ist. Die ursprüngliche Mischung der zerriebenen Milzsubstanz mit Wasser ergab hier eine 100000fache, die Einbringung dieser Menge in das erste Quantum von Nährlösung und jede der 6 Umzüchtungen je eine 1000fache Verdünnung. Daraus berechnet sich, dass die in der Impfmenge enthaltene Quantität von „Krankheitsstoff" nur den hundertquadrillionsten Theil von derjenigen eines entsprechenden Stückchens der Milz betragen konnte. Da aber die Impfmenge in diesem Falle 10 cmm war, so belief sich die Quantität des geimpften „Krankheitsstoffes" jedenfalls nicht auf mehr als den zehnquadrillionsten Theil eines Milligramm. Dies ist aber eine Grösse, die um mehr als das tausendfache hinter dem Gewichte eines Wasserstoffgasmolecüls zurückbleibt, und die somit für die chemische Betrachtung überhaupt nicht mehr existirt.

Es bleibt nun aber noch die Annahme zu erörtern, dass der „Krankheitsstoff" in den Pilzzellen selbst einge-

schlossen sei. In diesem Falle könnte jedes Individuum einer späteren Pilzgeneration in Folge der Theilungsvorgänge nur mehr halb soviel enthalten als das Individuum einer früheren Generation. Von dem Verluste an „Krankheitsstoff" durch Abgabe an die umgebende Nährlösung sei dabei ganz abgesehen. Da nun die 7 Züchtungen etwa 70 Pilzgenerationen entsprachen, so gehörten die geimpften Pilze der 70. Generation an, und bei diesen betrüge die Menge von „Krankheitsstoff" nur mehr $\frac{1}{2^{70}}$ oder weniger als den tausendtrillionsten Theil der ursprünglichen. Wenn auch die Pilze im Thiere zu $^9/_{10}$ ihrer Masse oder mehr aus „Krankheitsstoff" und wenn die ganze Impfmenge blos aus Pilzsubstanz bestanden hätte, so wäre darin doch nicht mehr als der hunderttrillionste Theil eines Milligramm von jenem hypothetischen Stoff übertragen worden. Auch diese Grösse ist also in chemischer Hinsicht als verschwindend zu erachten.

Ohne dass wir erst die entsprechenden Berechnungen für die 18. und 36. Pilzzüchtung auszuführen brauchen, beweist also bereits die „Thatsache der infectiösen Wirksamkeit der 7. Züchtung unter den gegebenen Umständen, dass die Wirkung der Milzbrandbacterien von der Beihilfe eines gelösten, dem thierischen Organismus entstammenden Stoffes unabhängig ist. Andernfalls hätte die infectiöse Wirksamkeit bei fortgesetzter Züchtung und Uebertragung der Pilze schon frühzeitig gänzlich erlöschen müssen.

Sonach kann die Minderung der Infectionstüchtigkeit bei den künstlich gezüchteten Milzbrandbacterien nur durch die Annahme erklärt werden, dass in Folge der angewendeten Ernährungsbedingungen, welche von denen des thierischen Körpers erheblich diffe-

rirten, eine allmählige Veränderung in der Natur der Pilze vor sich gegangen sei.

Dabei muss auf einen, anscheinend selbstverständlichen, für die Beurtheilung aber sehr wichtigen Punct noch besonders aufmerksam gemacht werden. Es zeigte sich nämlich, dass die Bacterien aus den Organen der erfolgreich geimpften Thiere in allen Fällen von gleicher und zwar von sehr hoher infectiöser Wirksamkeit waren, so dass eine sehr geringe Menge derselben zur weiteren Uebertragung des Milzbrandes genügte. In dieser Beziehung machte es also keinen Unterschied, mit welcherlei Bacterien geimpft worden war. Die Pilze aus den Organen derjenigen Thiere, die mit der 7., 18. oder 36. Züchtung erfolgreich inficirt worden waren, zeigten sich nicht wirkungsschwach wie jene der genannten Culturen, sondern eine sehr kleine Menge derselben reichte hin, um auf's neue den Milzbrand hervorzurufen.

Diese Thatsache kann nur durch eine, der obigen entsprechende Annahme erklärt werden, dass nämlich durch die Ernährungsbedingungen des thierischen Körpers, welche von denen der künstlichen Züchtung verschieden waren, wiederum eine Veränderung und zwar die umgekehrte in der Natur der Pilze bewirkt worden sei.

Bei fortgesetzter Züchtung der Milzbrandbacterien in einer Lösung von Fleischextract, Pepton und Zucker traten nun bei constant bleibender Form allmählig wahrnehmbare Aenderungen auch im Wachsthume und im chemischen Verhalten hervor. Etwa von der 100. Züchtung an, welche ungefähr der 700. Pilzgeneration entsprach,[1]) zeigten die

1) Die Berechnung der Generationenzahl in einer Reincultur beruht

Pilze die beginnende Neigung, trotz der constanten Bewegung des Züchtungsgefässes an den höheren Theilen der Wandung desselben, die bei jedem Schüttelstosse benetzt wurden, sich anzulegen und einen Ueberzug zu bilden, was bei ächten Milzbrandbacterien niemals beobachtet wird. Ausserdem wurde die Vermehrung der Pilze trotz des Gleichbleibens der Nährlösung allmählig reichlicher als früher.

Gegen die 900. Pilzgeneration, nach einer Züchtungsdauer von 90 Tagen, wurde dieses Anlegen der Pilze an die Wandungen des Culturgefässes so störend für die Fortführung einer regelmässigen Züchtung, dass eine Aenderung des Verfahrens durchaus nöthig erschien. Denn es kam schliesslich soweit, dass beinahe keine Pilze mehr in der Flüssigkeit sich befanden, sondern alle als Ueberzug an

---

auf der Kenntniss des Verhältnisses der Aussaat zur schliesslichen Pilzmenge. Bei einer Reihe auf einander folgender Züchtungen, die mit der g l e i c h e n N ä h r l ö s u n g angestellt werden, braucht man hiezu die absoluten Grössen nicht zu kennen; es genügt vielmehr als Anhaltspunct, dass am Ende jeder Züchtung, wenn dieselbe bis zum Verbrauche der Nahrungsstoffe fortgesetzt wurde, stets eine nahezu gleich pilzhaltige Flüssigkeit vorhanden sein muss. Werden nun z. B. 10 cmm Flüssigkeit aus dem Endstadium einer solchen Züchtung in 10 ccm pilzfreier Nährlösung übertragen, so ist am Ende der neuen Züchtung unter den gemachten Voraussetzungen die Pilzvermehrung eine 1000fache, die Generationenzahl somit nahezu 10.

Obwohl diese Bestimmung aus verschiedenen Gründen nur eine annähernd richtige sein kann, so habe ich doch vorgezogen, von hier an im Texte nach Generationen anstatt nach Züchtungen zu rechnen und zwar desshalb, weil bei den späteren Culturen andere Gefässe und andere Mengen von Nährlösung verwendet wurden, als bei den früheren, und weil desshalb diese späteren Züchtungen mit den früheren nicht in Parallele gesetzt werden können. In diesem Falle ist allein die Angabe der Generationenzahl im Stande, einen richtigen Ueberblick zu gewähren.

den Wandungen klebten. Die Anwendung der Schüttelbewegung musste daher aufgegeben werden.

Die erste Züchtung bei Ruhe ergab eine starke, weissliche Deckenbildung bei sonst klarer Nährlösung. Es war damit eine bedeutsame Veränderung in der Natur der Pilze in auffälliger Weise constatirt. Aber diese Umwandlung war nicht etwa mit einemmale eingetreten, wie es vielleicht den Anschein haben möchte. Vielmehr kann nicht bezweifelt werden, dass die ganz allmählig auftretende Erscheinung des Anlegens an die Wandungen des Schüttelgefässes bereits eine Folge und somit ein Anzeichen der nämlichen neu entwickelten Eigenschaft der Pilze war wie die jetzt wahrgenommene Erscheinung der Deckenbildung. Beide Vorgänge können nur durch ein erhöhtes Adhäsionsvermögen der Pilze in Folge einer bestimmten Veränderung der Cellulosemembranen erklärt werden, welche dieselben befähigte, einerseits unter sich Verbände von grösserer oder geringerer Festigkeit zu bilden, und anderseits an fremden Körpern, hier an den Glaswandungen des Schüttelgefässes trotz der Bewegungen der darüber hinwegströmenden Flüssigkeit fest zu haften.

Hier war nun aber zum erstenmale ein thatsächlicher Anhaltspunkt dafür gegeben, dass es möglich sein werde, auf dem eingeschlagenen Wege schliesslich Pilze zu erhalten, deren Eigenschaften denen der Heubacterien analog wären; denn diese besitzen gerade die Fähigkeit der Deckenbildung als charakteristisches Merkmal. Allein die gegenwärtig erhaltenen Decken stimmten mit jenen der Heupilze noch nicht völlig überein; und zwar differirte nicht die mikroskopische Beschaffenheit, die bei der Uebereinstimmung der Formen sowohl mit ächten Milzbrandbacterien als auch mit ächten Heupilzen keine Entscheidung geben konnte, sondern die äusserliche, mit blossem Auge erkennbare. Während näm-

lich die Decken der Heupilze an der Oberfläche trocken, meist gerunzelt, von bedeutender Festigkeit und schwer unterzutauchen sind, so zeigten sich diese im Gegentheil von glattem, schleimigem Ansehen und sehr lockerem Gefüge, so dass eine geringe Erschütterung genügte, um theilweise oder gänzliche Auflösung derselben in flockige Massen, welche zu Boden sanken, herbeizuführen.

Von grösserer Wichtigkeit aber war das Verhalten der gezüchteten Pilze in Heuaufguss. Wie erwähnt verhindert die geringe Säuremenge desselben die ächten Milzbrandbacterien an jeder Vegetation, während die Heupilze ihre normalen, dichten Decken darin erzeugen. Die gegenwärtig erhaltenen Pilze nun verhielten sich in besonderer und ganz unerwarteter Weise. Bei Aussaat derselben in Heuaufguss trat zwar Vegetation ein; aber dieselbe ging bei allen angestellten Versuchen ausserordentlich langsam von statten und blieb stets geringfügig, so dass auch am Schlusse derselben nur eine sehr kleine Menge von Pilzen gebildet war. Ebenso auffallend zeigte sich dabei die Form des Wachsthums. Bei klarer Flüssigkeit bildeten sich nämlich höchst schwache, durchsichtige Ueberzüge an der Oberfläche, die nur am Rande der Flüssigkeit ein wenig stärker wurden und dadurch etwas weissliche Färbung bekamen. Das ganze Verhalten zeigte somit, dass die gegenwärtig erhaltenen Pilze zwar nicht mehr so empfindlich gegen geringe Säuremengen waren wie die ächten Milzbrandbacterien, dass sie sich vielmehr den Heupilzen in dieser Beziehung bereits annäherten; dennoch aber schien die Säure auf sie noch in bedeutendem Masse schädlich zu wirken. Damit stimmte denn auch der mikroskopische Befund überein; die Pilze, welche im Heuaufguss entstanden waren, zeigten nämlich ein verkümmertes, pathologisches Aussehen, wie es sich stets findet, wenn Milzbrand- oder Heupilze unter ungünstigen Ernährungsbedingungen vegetiren.

Nach diesen Merkmalen musste angenommen werden, dass hier eine, bis dahin unbekannte physiologische Mittelform zwischen den ächten Milzbrand- und den ächten Heupilzen vorliege. Von beiden unterschied sich dieselbe durch ihre Wachsthumsart in künstlichen Nährlösungen, besonders aber durch ihr Verhalten gegen die geringe Säuremenge des Heuaufgusses, von den Milzbrandbacterien ausserdem durch den Mangel infectiöser Wirksamkeit. Denn von der 36. Züchtung ab waren die vorgenommenen Impfungen erfolglos geblieben.

Die Züchtung dieser Mittelform von Pilzen wurde nun bei ruhender Nährlösung weiter geführt. Für die nächsten zweihundert Generationen diente hiezu Lösung von blossem Fleischextract. Der Zuckerzusatz konnte desshalb weggelassen werden, weil die anfänglich mit dessen Anwendung verbundene Absicht, bei den Milzbrandbacterien durch langdauerndes Wachsthum in zuckerhaltigen Nährlösungen allmählig vielleicht Gärthätigkeit hervorzubringen, sich durchaus nicht realisirt hatte.[1]) Nach Zurücklegung der 1100. Pilzgeneration wurde wieder ein Versuch gemacht, die gezüchteten Bacterien in Heuaufguss wachsen zu lassen. Der Erfolg war ein überraschender; es trat ziemlich reichliche Vermehrung ein mit Bildung einer schleimigen, lockeren Decke aus Stäbchen und Sporen. Man war also der Uebereinstimmung mit den Heubacterien wieder um ein beträchtliches Stück näher gerückt; denn die ehemaligen Anthraxpilze vermochten nun beinahe ebensogut geringe Säuremengen zu ertragen wie jene. Nur die Beschaffenheit der Decken war in beiden Fällen noch deutlich verschieden; doch konnte kaum mehr bezweifelt werden, dass auch diese letzte Umänderung noch gelingen werde.

---

1) Auch fortgesetzte Züchtung der Anthraxpilze in Milch (durch $2^1/_2$ Monate) hatte den gleichen negativen Erfolg.

Als richtigster Weg hiezu empfahl sich offenbar die Fortsetzung der Züchtung gerade in Heuaufguss, weil in dieser Nährlösung die Eigenthümlichkeiten der ächten Heupilze am vollsten zur Geltung kommen. In der That gelang es durch eine Reihenfolge weiterer Züchtungen in der genannten Lösung die Decken allmählig trockner und fester, schliesslich vollkommen von jener gelbbräunlichen Farbe und stark gerunzelten Beschaffenheit zu erhalten, wie sie jenen der ächten Heupilze eigen sind. Ausserdem hatte sich während dieser letzten Züchtungsreihe auch die bei der mikroskopischen Beobachtung so auffallende, lebhafte, wimmelnde Bewegung der Stäbchen eingestellt, welche den Heubacterien bei gewisser Ernährungsweise eigenthümlich ist, den ächten Milzbrandbacterien jedoch und auch den Uebergangsformen abgeht.[1])

Nach 1500 Pilzgenerationen, welche zusammen im Laufe eines halben Jahres zurückgelegt worden waren, musste die Umwandlung der Milzbrandbacterien in Heubacterien als vollendet angesehen werden; denn es war unmöglich, einen Unterschied zwischen den durch Züchtung aus ersteren erhaltenen Pilzen und den ächten, unmittelbar rein cultivirten Heupilzen aufzufinden.

Umänderung der Heubacterien in Milzbrandbacterien.

Der genetische Zusammenhang der Heubacterien mit den Milzbrandbacterien war nunmehr sicher gestellt, und

---

1) Auch die ächten Milzbrandbacterien zeigen allerdings unter Umständen bei künstlicher Ernährung Eigenbewegungen. Dieselben sind jedoch bei weitem langsamer als jene der Heubacterien. Uebrigens ist das Fehlen von Eigenbewegungen bei der einzelnen mikroskopischen Beobachtung durchaus kein zuverlässiges Merkmal für die eine oder andere der in Rede stehenden Pilzformen, da auch die Heubacterien in vielen Fällen keine Eigenbewegungen zeigen.

zugleich hatte die genauere Kenntniss der letzteren ihre geringe Befähigung zur Vermehrung ausserhalb des thierischen Organismus und damit zur Behauptung gegenüber anderen, concurrirenden Pilzformen erwiesen. Um so mehr musste sich nun die Frage aufdrängen, ob nicht die häufig stattfindende autochthone Entwicklung des Milzbrandes auf eine in der Natur eintretende Umänderung der Heupilze in die infectiöse Form zu beziehen sei.

Den einzigen thatsächlichen Anhaltspunct in Bezug auf das experimentelle Studium dieser Verhältnisse bot die Erscheinung, dass Milzbrandbacterien, die ihre infectiöse Wirksamkeit durch fortgesetzte Züchtung beinahe verloren hatten, im thierischen Organismus dieselbe wieder von neuem erhielten. Die gleichen Bedingungen, welche hier gewirkt hatten, mochten auch für die Umänderung der Heubacterien in die infectiöse Form sich günstig erweisen. Diese Bedingungen liegen aber kaum ausschliesslich in der chemischen Beschaffenheit der thierischen Säfte. Sonst müsste eine Lösung von Eiweiss oder vielmehr, da die Pilze dasselbe nur in löslicher Form assimiliren können, von Eiweisspepton ungefähr das gleiche leisten. In der früheren Züchtungsreihe hatte jedoch Ernährung mit künstlich dargestelltem Eiweisspepton das Verschwinden der infectiösen Eigenschaften nicht verhindert. Daraus geht hervor, dass höchst wahrscheinlich andere, noch unbekannte Bedingungen im Spiele sind, die wohl in thierischen Flüssigkeiten, nicht aber in künstlichen Nährlösungen sich erfüllt finden.

Zunächst lag jedenfalls, nach Analogie jener Impfversuche die Cultur im lebenden thierischen Organismus zu versuchen. Es wurden daher mit den ächten, von gewöhnlichem Heu durch Kochen des Aufgusses unmittelbar rein cultivirten Heupilzen einige grössere Versuchsreihen an Kaninchen ausgeführt.

Ein grosser Theil dieser Experimente zielte dahin,

durch Steigerung der Pilzquantität den Mangel an infectiöser Wirksamkeit zu ersetzen. Die Heupilze wurden zu diesem Zweck in eiweisshaltigen Nährflüssigkeiten unter Sauerstoffzufuhr bei Ausschluss anderer Pilze gezüchtet, und diese stark pilzhaltigen Flüssigkeiten zu den Injectionen verwendet. Meist befanden sich darin zugleich Stäbchen und Sporen; jedenfalls fehlten die letzteren niemals und oft waren sie beinahe ausschliesslich in der Injectionsflüssigkeit vertreten. Als Ort der Anwendung diente nur in wenig Fällen das Unterhautzellgewebe oder die venösen Bahnen, in den allermeisten die Peritonealhöhle, die nach Wegner's lehrreichen Versuchen zur Ueberleitung von Pilzen in den Kreislauf ungemein geeignet ist.

Das Resultat dieser intraperitonealen Injectionen bestand darin, dass kleinere Mengen von Pilzflüssigkeit, 1—6 ccm, in der Regel ohne wahrnehmbare Wirkung blieben. Erst bei grösseren Injectionsmengen erfolgte in der Mehrzahl der Fälle tödtlicher Ausgang, meist innerhalb 24 Stunden. Die Untersuchung der Organe ergab hier beinahe stets reichlichen Gehalt derselben an Heubacterien, und zwar auf alle Organe gleichmässig vertheilt. Der letztere Umstand deutete schon darauf hin, dass es sich hier um eine einfache Vertheilung der injicirten Pilze im Körper handle und nicht um einen infectiösen Process. Denn in der Regel finden sich beim Milzbrand der Kaninchen Lunge und Milz bedeutend reicher an Bacterien als Leber und Nieren. Ausserdem war die Krankheitsdauer viel zu kurz, als dass die Umänderung der injicirten Heupilze in Milzbrandbacterien hätte erfolgen können. In der That ergaben die Controlimpfungen mit diesen Pilzen auf andere Thiere sämmtlich negatives Resultat.

Die Todesursache lag hier wesentlich in der Vergiftung durch die eingespritzten Zersetzungsstoffe der Heupilze, deren Wirkung durch Hyperaemie und theilweise Ecchymosir-

ung des Magens und fast des ganzen Darmtractus und blutige Färbung des diarrhoischen Darminhalts sich äusserte.[1])

Wenn nun aber doch eine geringe Vermehrung der Pilze und damit eine beginnende Umwandlung ihrer Natur stattgefunden hatte, der nur der Vergiftungstod des Thieres hindernd in den Weg trat, so war vielleicht durch Uebertragung der Pilze in einen zweiten Organismus und von diesem in einen folgenden eine Fortsetzung der Umänderung zu erreichen. Ein derartig angestellter Versuch liess jedoch bei der 5. Uebertragung bereits so deutliche Zeichen septischer Vorgänge erkennen, dass die Fortführung desselben aufgegeben werden musste. Zu dieser Zeit aber erwiesen die Controlimpfungen noch keine merkliche Umänderung in der Natur der Heupilze.

Es blieb also doch die Steigerung der Pilzquantität vorläufig der einzige Weg. Um hierbei die giftige Wirkung zu vermeiden, welche die Anwendung grösserer Mengen nach dem bisherigen Verfahren verbot, bestrebte ich mich, die Heupilze möglichst von ihren Zersetzungsstoffen zu befreien. Hiezu benützte ich die Eigenschaft derselben, bei ruhiger Nährlösung in Form dünner Decken zu vegetiren. Durch Diffusion müssen hier die gebildeten Zersetzungsstoffe fortwährend in der übrigen Lösung vertheilt werden, und bei abgelaufener Vegetation kann die abgehobene Decke ihrer Flüssigkeitsmenge entsprechend nur etwa den 100. Theil der gelösten schädlichen Substanzen enthalten.

Trotz dieser Vorsichtsmassregeln hatten die mit grossen Pilzmengen ausgeführten Injectionen in den Peritonealraum sämmtlich rasch tödtlichen Erfolg unter den Erscheinungen

---

1) Durch eine Reihe besonderer Versuche habe ich nachgewiesen, dass die Zersetzungsstoffe, welche durch reincultivirte Heu- oder Milzbrandbacterien gebildet werden, an und für sich d. h. bei Ausschluss der Pilze giftig wirken, analog den chemischen Producten der Fäulniss, welche dem Lebensprocess der Fäulnisspilze ihre Entstehung verdanken.

der Vergiftung. Da es nun möglich schien, dass die Diffusion die Zersetzungsstoffe aus den Pilzdecken noch ungenügend entfernt hatte, so wurden einige Versuche angestellt, wobei die Pilzdecken erst zerrieben, dann in viel reinem Wasser vertheilt und schliesslich von letzterem durch rasches Absaugen desselben wieder befreit wurden. Aber auch in diesen Fällen war die Wirkung der Injectionen nicht minder giftig.

Diese Erscheinung ist nur erklärlich unter der Voraussetzung, dass die Heupilze selbst toxisch wirkende Substanzen enthalten. Denn nur in diesem Falle können die letzteren durch einfaches Auswaschen nicht entfernt werden. Dafür sprechen aber auch andere Gründe. Für den Fall nämlich, dass die giftigen Stoffe hauptsächlich durch Gärung und somit, wie dies für die Gärungsproducte der Sprosshefe anzunehmen ist, vorzugsweise ausserhalb der Zellen gebildet werden, ist doch nach Analogie anderer pflanzlicher Zellen sehr wahrscheinlich, dass kleine Mengen davon aus der Lösung in's Innere der Pilze aufgenommen werden. Im andern Falle aber, wenn der grösste Theil der giftigen Verbindungen dem Stoffwechsel der Pilze seinen Ursprung verdankt, versteht es sich von selbst, dass gewisse Quantitäten davon im Zellinnern vorhanden sind.[1])

Gerathen nun die Pilze unter nachtheilige Bedingungen,

1) Der Befund von Anders (Deutsche Zeitschrift f. Chirurgie Bd. VII. S. 1.), dass der toxisch wirkende Pilzrückstand aus Pasteur'scher Nährlösung durch oftmaliges Auswaschen seine giftige Wirksamkeit verliert, erklärt sich durch den dabei stattfindenden längeren Aufenthalt der Pilze im Wasser. Denn in diesem Falle können allerdings durch die eintretende langsame Diffusion mit der Zeit die gelösten Stoffe aus dem Innern der Pilze entfernt werden; da übrigens die Pilze im Wasser jedenfalls kümmerlich weiter vegetirten, so musste ausserdem eine allmählige Erschöpfung, ein Involutionsprocess bei denselben sich einstellen, der nothwendig zur Ausscheidung der gelösten Substanzen führte.

welche die Involution und das schliessliche Absterben veranlassen, dann müssen die gelösten Stoffe aus dem Innern der Zelle in die umgebende Flüssigkeit übertreten. Solche Bedingungen sind aber für die Pilze im Innern des thierischen Organismus überall da gegeben, wo dieselben nicht zum Wachsthum und zur Vermehrung gelangen können, und dies war für den grössten Theil der injicirten Heupilze jedenfalls der Fall.

Somit bestand keine Aussicht, auf dem bisherigen Wege zum Ziele zu kommen. Die Anwendung grösserer Mengen von Pilzen führte jedesmal zum rasch tödtlichen Ausgang; geringere Quantitäten aber blieben ohne merkliche Wirkung. Die Pilze gelangten also in diesen letzteren Fällen trotz der reichlich dargebotenen Nahrung nicht zum Wachsthum; denn, hätten sie sich vermehrt, so wären Krankheit und schliesslich der Tod des Thieres die unausbleibliche Folge gewesen.

Der Grund für diese merkwürdige Erscheinung kann wohl kaum in der Anwesenheit irgend eines bestimmten, auf die Heupilze schädlich wirkenden Stoffes im thierischen Organismus gesucht werden. Denn gerade diese Pilze sind gegenüber den Milzbrandbacterien im Ertragen der verschiedensten giftigen Substanzen bei weitem im Vortheil, und zeigen sich überhaupt, ausserhalb des Körpers, widerstandsfähiger gegen jede Art von schädlicher Einwirkung. Wir werden desshalb dahin geführt, die physiologischen Functionen des Gewebes selbst, d. h. diejenigen Vorgänge, an welche der Bestand des Lebensprocesses geknüpft ist, als Quelle jener nachtheiligen Einflüsse zu betrachten.[1])

---

1) Ich erinnere hier an die molecular-physiologische Gärungstheorie Nägeli's, welche die Schwingungszustände des lebenden Plasma der Hefezelle auf das Gärmaterial übergehen und dadurch den Vorgang der Gärung zu Stande kommen lässt. In analoger Weise wäre nach Nägeli auch die unbestreitbar vorhandene Einwirkung gärender Hefezellen auf

Das nächste Mittel zur Verminderung dieser Einwirkungen liegt alsdann in der Herabsetzung der physiologischen Thätigkeit des Gewebes, sei es nun, dass dieselbe durch Beschränkung der Blutzufuhr zu einem Organe oder durch abnorme Temperatur oder durch Vergiftung u. s. w. hervorgebracht wird. In Bezug auf letztere Einwirkung hatten die bisherigen Versuche hinlänglich gezeigt, dass eine Intoxication des ganzen Organismus nicht zum gewünschten Ziele führen könne. Mehr durfte man in dieser Hinsicht erwarten, wenn nur ein einzelnes Organ oder eine abgegrenzte Partie desselben zur Vermehrungsstätte der Pilze gewählt wurde. Denn in diesem Falle konnte eine viel stärkere und länger andauernde Schwächung der physiologischen Thätigkeit des Gewebes ohne directen Nachtheil für das Leben des Thieres hervorgerufen werden.

Eine Reihe derartiger Versuche bestand in Injectionen reiner Heupilze in das Kaninchenohr nach vorhergängiger Unterbindung der entsprechenden Carotis. Durch letzteres Verfahren hatte bekanntlich Samuel[1]) die Wirkung fauliger Substanzen auf das Gewebe, die sonst nur eitrige Entzündung erregt hätten, bis zur Erzeugung von Brand zu steigern vermocht. Gleichzeitig versuchte ich die Einbringung grösserer Mengen von Heupilzen in frische Muskelwunden, deren Umgebung durch heisses Wasser verbrüht und dadurch, bis auf eine gewisse Tiefe, getödtet war. Aber auch diese Experimente führten nicht zu dem gewünschten Ziele eines Wachsthums der Heupilze im thierischen Gewebe. Vielmehr entstand bei den Injectionen in's Ohr meist Entzündung mit Ausgang in Brand, bei den Muskelwunden eine langwierige Eiterung. Von den Heupilzen war in beiden Fällen stets in Kurzem nichts mehr nachzuweisen.

---

andersartige Pilzzellen zu denken, die sich im Wirkungsbereich der ersteren befinden. (C. v. Naegeli, Theorie der Gärung. München 1879).

1) Archiv f. experim. Pathologie I. Band 1874. S. 317.

Die Ursache dieser letzteren Misserfolge lag offenbar zunächst in dem Sauerstoffbedürfnisse der Heubacterien, welches in den Muskeln und andern sauerstoffarmen Geweben keinesfalls befriedigt werden kann. Ich erinnere in dieser Beziehung daran, dass auch die Milzbrandbacterien nur innerhalb des Gefässsystems, nur im sauerstoffhaltigen Blute sich vermehren, wofür uns, abgesehen von der mikroskopischen Untersuchung, das charakteristische Fehlen entzündlicher Erscheinungen beim Milzbrand Zeugniss gibt. Denn entzündliche Processe würden in den Geweben wohl nicht fehlen, wenn die Pilze daselbst zur Vermehrung kämen.[1]) Ganz anders wird dieses Ver-

---

1) Da hier die bereits erkannten Eigenschaften der Pilze in pathologisch-physiologischer Beziehung eine wichtige Aufklärung geben, so möchte ich die angedeutete Anschauung über den Milzbrand etwas näher begründen.

Vollständig ausgeprägt ist der Mangel entzündlicher Vorgänge beim Milzbrand kleinerer Thiere, wie z. B. der Kaninchen und Mäuse, bei denen mit Ausnahme des mikroskopischen Nachweises der Pilze meist kein anderer pathologischer Befund getroffen wird als eine mehr oder weniger beträchtliche Schwellung der Milz. Aber auch die Hämorrhagien und die serösen Transsudate, welche beim Anthrax grösserer Thiere als charakteristisch gelten, sind nicht als Folgen entzündlicher Processe aufzufassen, sondern als Anzeichen einer bestimmten Veränderung der Gefässwände.

Eine Ausnahme hievon scheint jedoch der Milzbrandcarbunkel zu machen, bei dem entzündliche, ja sogar brandige Erscheinungen die Regel sind. Nach Bollinger (v. Ziemssen's Handb. d. spec. Pathologie und Therapie. II. Auflage. 1876. III. Bd. Zoonosen. S. 520.) findet man nun bei der mikroskopischen Untersuchung der Carbunkel „in den bedeutend erweiterten Capillaren neben einer Anhäufung farbloser Blutkörperchen zahlreiche Bacterien und eine feinkörnige Masse, die theils aus metamorphosirten Blutbestandtheilen theils aus Bacterienkeimen besteht.“ Das für uns Wichtige bei dieser Angabe ist, dass ausser den wohlbekannten Milzbrandbacterien noch andere Gebilde wahrgenommen wurden, die für Pilze gehalten werden mussten. Bei den geringen Erfahrungen, welche damals noch über die Physiologie

hältniss bei solchen Pilzformen sein, die des Sauerstoffs ohne Nachtheil entbehren können wie z. B. bei den gewöhnlichen Fäulnissbacterien. In der That ist es durch

der Milzbrandbacterien existirten, konnten diese körnchenförmigen Pilze wohl für Keime oder Sporen derselben gehalten werden. Nun bilden sich aber die Sporen nur unter ganz bestimmten Bedingungen, die im Innern des thierischen Gewebes fehlen. Jene feinkörnige Masse kann daher, soweit dieselbe aus Pilzen bestand, nur irgend welche einzellige, mit den Milzbrandbacterien genetisch nicht zusammenhängende Schizomyceten enthalten haben. Die Ansiedlung und Vermehrung solcher fremder Pilze wäre in diesem Falle als eine secundäre Erscheinung zu betrachten und als abhängig von der vorausgehenden Vegetation der Milzbrandbacterien. Durch die Anhäufung der Bacterien in den Capillaren wird nämlich locale Stauung des Kreislaufes und dadurch Ernährungsstörung in den umliegenden Gewebspartien erzeugt werden können, ausserdem aber auch Vergiftung dieser angrenzenden Theile durch die ausgeschiedenen Zersetzungsstoffe. Beide Einflüsse begünstigen, wie dies im Texte zur Sprache kommen wird, die Vermehrung solcher Pilze, welche des Sauerstoffs zu ihrer Existenz nicht bedürfen. Das Auftreten entzündlicher Reizung, ja sogar brandiger Erscheinungen wäre nun meines Erachtens als Folge dieser letzteren Pilzentwicklung aufzufassen und nicht als unmittelbare Wirkung der Milzbrandbacterien, die nur innerhalb der Blutgefässe und nur insoweit vermehrungsfähig sind, als die Blutcirculation noch Sauerstoff herbeizuschaffen vermag.

Diese Annahme eines doppelten Parasitismus würde übrigens auch darauf hindeuten, wesshalb beim rasch tödtlich verlaufenden Impfmilzbrand fast niemals Carbunkel entstehen. Der doppelte Parasitismus, der zum Carbunkel führt, würde naturgemäss länger zu seiner Entwicklung brauchen als der einfache, und der Tod wäre daher in diesen Fällen ein zu frühzeitiger, als dass eine Ausbildung solcher Processe erfolgen könnte. Beim spontanen Anthrax verlaufen allerdings die wahrnehmbaren Krankheitserscheinungen oft ebenfalls sehr kurz. Dies beweist jedoch nicht, dass keine schleichende Entwicklung der Krankheit, keine längere Incubation vorausging, während deren die Carbunkeln, z. B. auf der Darmschleimhaut, sich ausbilden konnten. Die gegenwärtigen Untersuchungen werden noch darauf hinführen, dass eine solche Incubationsperiode beim spontanen Milzbrand sehr wahrscheinlich ist.

Die erysipelatösen Processe endlich, welche beim Anthrax nicht selten beobachtet werden, dürften meines Erachtens für die ent-

eine Reihe übereinstimmender Beobachtungen und Experimente bewiesen, dass durch verschiedene schwächende Einwirkungen auf das Gewebe, durch locale Aufhebung des Kreislaufes, durch Vergiftung, selbst mit antiseptischen Mitteln, Entwicklung von Spaltpilzformen im Körper hervorgerufen werden kann. Auch bei den vorhergehenden Versuchen war dieser dort unbeabsichtigte Erfolg vielfach störend dazwischen getreten. Es waren nicht selten kleinere Pilzformen in den Organen gefunden worden, obwohl nur reingezüchtete Heupilze zur Einspritzung kamen.

Ebenso erklärte sich aus der stattfindenden Giftwirkung mittelbar das Auftreten entzündlicher und brandiger Erscheinungen bei den Injectionen in abgegrenzte Organtheile.

Eine Herabsetzung der physiologischen Thätigkeit des sauerstoffarmen Gewebes kann also jedenfalls die Heupilze nicht begünstigen. Nur im Blute schiene ein solches Unternehmen Erfolg zu versprechen; indess ist es unmöglich, das Blut zu vergiften, ohne zugleich die übrigen Gewebe zu schwächen und dadurch eben jene störende Entwicklung anderer Pilzformen herbeizuführen, die in den bisherigen Versuchen bereits sich mehrfach geltend gemacht hatte.

Damit war ich am Ende derjenigen Experimente, welche bezweckt hatten, die Heupilze unmittelbar im thierischen Körper zur Vermehrung und damit zur Annahme infectiöser

zündliche Wirksamkeit der Milzbrandbacterien vorläufig ebensowenig etwas sicheres beweisen als die Carbunkel, da ihre Entstehung auf ähnliche Weise erfolgen kann, wie es für letztere angenommen wurde. Beides sind eben Complicationen, die nicht nothwendig zum Krankheitsbilde gehören und daher, wie ich glaube, in der Natur der Milzbrandbacterien nicht unmittelbar begründet sind.

Eigenschaften zu bringen. Es musste jetzt die Züchtung in thierischen Flüssigkeiten ausserhalb des Körpers versucht werden.

Allerdings können derartige Nährflüssigkeiten nicht durch Erhitzen desinficirt werden; desshalb blieb es fraglich, ob die Fäulnisspilze, die möglicherweise in diesen Materialien bereits vorhanden waren, bei der Züchtung hintangehalten werden könnten.[1])

Die Züchtung in Eiereiweiss mit etwas Fleischextractlösung, welche zuerst unternommen wurde, hatte jedoch ein sehr befriedigendes Resultat. Es bildete sich an der Oberfläche, wo der Sauerstoff einwirken konnte, eine weissliche Decke, die nur aus Heupilzen und zwar Stäbchen und Sporen bestand. Auf diese Weise wurde mehrmals umgezüchtet. Alsdann hielt ich es für angezeigt, die weitere Cultur dieser, vermuthlich bereits etwas veränderten Pilze im Blute auszuführen, da ich mir hievon für den angestrebten Zweck mehr versprach als von einer fortgesetzten Züchtung in Eiereiweiss.

Die nöthigen Massnahmen bestanden darin, dass nur völlig gesunde Thiere (Kaninchen) zur Blutgewinnung genommen wurden, damit nicht etwa das Blut bereits fremde Pilze in grösserer Menge enthielt; dann in völliger Desinfection aller Instrumente und Apparate.[2]) Das Blut wurde der Carotis entnommen und direct in das Defibrinirungs-

---

1) Die Annahme, dass stets vereinzelte Spaltpilze innerhalb des Thierkörpers, im Blute und in den Geweben sich befinden, folgt meines Erachtens aus der Thatsache, dass Krankheitskeime so leicht in den Organismus gelangen. Auf demselben Wege, seien dies nun die Lungen oder der Darm, müssen nothwendig auch andere Spaltpilzformen, die sich in der Athemluft und im Darmcanal stets finden, in geringer Zahl in den Kreislauf und in die Organe gelangen, wo sie normaler Weise regelmässig zu Grunde gehen.

2) Unter vollständiger Desinfection verstehe ich, wenn nichts besonderes angegeben ist, die Erhitzung im Dampfkessel.

gefäss geleitet. Von da kam es in das Züchtungsgefäss, das während der Cultur sich im Schüttelapparate bei Körpertemperatur befand. Die Bewegung musste zum Zweck der Sauerstoffzufuhr angewendet werden. Ruhiges Stehenlassen wie bei der Eiweissflüssigkeit wäre hier unzweckmässig gewesen; die Blutkörperchen hätten sich dabei zu Boden gesenkt, ihr Sauerstoffabsorptionsvermögen, das den Pilzen zu gute kommen sollte, wäre gar nicht zur Wirkung gelangt.

Bei Infection mit einer sehr geringen Pilzmenge blieb das Blut unter diesen Bedingungen durchschnittlich 12 Stunden hellroth, arteriell und scheinbar unverändert. Alsdann bemerkte man die beginnende Auflösung der Körperchen an der eintretenden Carmoisinfärbung. In diesem Zeitpunkt oder wenig später wurde bereits in eine neue, frisch dem Thier entzogene Blutportion umgezüchtet. Es ist indess von Interesse, auch die weiteren Veränderungen des Blutes zu kennen.

Von der 15. Stunde an wurde dasselbe allmählig dunkelroth und vollständig lackfarben. Niemals ward fauliger Geruch bemerkt, sondern nur der eigenthümliche Blutgeruch und, bei längerdauerndem Pilzwachsthum, etwa nach Ablauf von 24 Stunden, jedesmal eine Entwicklung von reinem Ammoniak, das auch leicht in der Luft des Züchtungsgefässes nachgewiesen werden konnte. Es verhielt sich also das Blut in dieser Hinsicht wie alle andern Nährsubstanzen, bei denen bisher die Zersetzungsvorgänge durch Reinculturen von Heupilzen studirt worden waren.

Die mikroskopische Untersuchung ergab zur Zeit der beginnenden Auflösung der Blutkörperchen stets schon die Anwesenheit zahlreicher Heubacterien. Andere Spaltpilze wurden in den ersten 24 Stunden niemals gefunden. Wohl aber stellten sich dieselben, bei fortgesetztem Schütteln des Blutes, am 2. oder 3. Tage ein, indem gleichzeitig an den

Heubacterien die von zahlreichen anderweitigen Erfahrungen her wohlbekannten mikroskopischen Erscheinungen der Involution mit aller Deutlichkeit sich zeigten, welche hauptsächlich in unregelmässiger Aufquellung, Zusammenziehung des Zellinhalts und endlich in Zerfall zu einem Körnerhaufen bestehen. Sporenbildung trat in diesen Versuchen während des Schüttelns nicht ein.

Die Erscheinung, dass bei diesen Blutzüchtungen in den ersten 24 Stunden keine der überall verbreiteten Spaltpilzformen z. B. keine Fäulnisspilze auftraten, während die Heubacterien sich reichlich vermehrten, ist ohne Zweifel bedeutungsvoll, bedarf aber noch der näheren Aufklärung. Jedenfalls lag der Grund nicht darin, dass solche Keime vollständig fehlten. Dies beweist schon das Auftreten fremder Pilze am zweiten Tage. Es musste also eine besondere Ursache wirksam sein, welche diese Spaltpilzformen so vollkommen darniederhielt, dass in den ersten 18 Stunden noch keine irgend merkliche Vermehrung derselben erfolgte. Das letztere schliesse ich nämlich nicht aus dem Ergebniss der mikroskopischen Untersuchung, die bei einer stark eiweisshaltigen Flüssigkeit über die Anwesenheit kleinerer Spaltpilzformen keinen sichern Aufschluss gibt, sondern aus den angestellten Controlzüchtungen in eiweissfreie Nährlösungen, die absolute Reinculturen von Heupilzen lieferten.

Zu vermuthen steht, dass es sich dabei um die gleichen Einflüsse handelt, die auch im lebenden Körper eine Vermehrung von Fäulnisspilzen im Blute bei normalen Zuständen verhindern; es ist nicht unwahrscheinlich, dass diese Wirkungen auch nach der Entnahme des Blutes aus dem Körper noch eine gewisse Zeit andauern und erst allmählig, zugleich mit dem Leben des Blutes erlöschen werden.

Um so merkwürdiger bleibt es, dass die Heupilze unter den gleichen Umständen sich reichlich vermehrten. Man möchte glauben, dass dies mit ihrer Vorliebe für den

Sauerstoff zusammenhängt. Jedenfalls sind hier Räthsel, deren Aufklärung einen tiefen Einblick in die Natur der infectiösen Wirkung verschaffen wird.

Schon von der ersten Cultur im Blute an zeigte das Verhalten der Heupilze in den Controlzüchtungen, dass sich deren Natur geändert hatte.

In Fleischextractlösung bildeten die Pilze zwar Decken, aber nicht von der consistenten und trocknen Beschaffenheit jener der ächten Heupilze, sondern von schleimigem Ansehen und äusserst lockerem Gefüge, so dass eine leichte Erschütterung genügte, um dieselben zum Sinken zu bringen. Es traf dieses Verhalten mit demjenigen der Mittelformen zwischen Milzbrand- und Heupilzen, die in der früheren Züchtungsreihe erhalten worden waren, vollständig überein. Entscheidend aber in dieser Beziehung erwies sich die Controlzüchtung in Heuaufguss. Während die Heupilze in dieser Flüssigkeit reichliche Decken bilden, die Milzbrandbacterien dagegen vermehrungsunfähig sind, folgten die gegenwärtig erhaltenen Pilze keinem dieser beiden Extreme. Es trat ein spärliches Wachsthum ein, es bildete sich bei sonst klarer Flüssigkeit nur ein weisslicher Rand dort, wo die Oberfläche der Lösung die Glaswandung berührte. Dieser Rand bestand aus Stäbchen und Fäden von den Formen der Milzbrand- oder Heupilze, aber etwas krankhaft verändert, was mit der kümmerlichen Ernährung derselben vollkommen übereinstimmte.

Nach diesen Anhaltspuncten zu urtheilen stimmten die nunmehr erhaltenen Pilze mit jenen der 900. Generation der früheren Züchtung überein und hatten sich demgemäss, in der Richtung gegen die infectiöse Form bedeutend verändert. Es fragte sich nun zunächst, ob durch länger fortgesetzte Blutzüchtung eine weitere Umänderung zu erzielen sei. Bis zur 14. Cultur im Blute war diess indess nach Ausweis der Controlzüchtungen nicht der Fall, und

es ist somit sehr unwahrscheinlich, dass sie überhaupt möglich sei.[1]) Desshalb wurde jetzt von neuem zum Thierexperiment mit diesen veränderten Heupilzen übergegangen.

Eine grössere Zahl von Injectionsversuchen, die mit den Blutzüchtungen unmittelbar angestellt wurden, ergab, dass das Blut giftig wirkte, wenn die Züchtung schon 24 Stunden angedauert hatte, dagegen noch nicht bei 12—15 stündiger Cultur. Aber auch in den letzteren Fällen entwickelte sich selbst bei Anwendung grosser Blutmengen kein Milzbrand.

Da Sporen zu diesen Versuchen günstiger sein mochten als Stäbchen, und da im geschüttelten Blute keine Sporen sich bildeten, so züchtete ich solche in Fleischextractlösung durch Aussaat aus einer der Blutculturen. Von dem erhaltenen Sporenbodensatz bekamen 15 weisse Mäuse steigende Mengen, von 0,1—1,0 ccm, unter die Rückenhaut injicirt. Hievon erholten sich die beiden mit der geringsten Injectionsmenge bald und blieben am Leben. Alle Mäuse, welche 0,3 ccm und mehr erhalten hatten, und eine der beiden mit 0,2 ccm injicirten starben am 1.—3. Tage. Bei allen fand sich an der Injectionsstelle beginnende oder fortgeschrittene Abscessbildung d. h. trübe graue Flüssigkeit mit viel von der Injection herrührenden Sporen aber noch viel mehr Fäulnisspilzen, obwohl eine Reincultur eingespritzt worden war. Mehrfach fand sich beträchtliche Milzschwellung; aber die Organe enthielten nur vereinzelte Heubacterien. Es handelte sich hier demnach vorwiegend um septische Vorgänge.

---

1) Die vollständige Umwandlung in Milzbrandbacterien käme wohl nur dann zu Stande, wenn das angewendete Blut vollständig die Eigenschaften des im Thierkörper kreisenden besässe, was gerade in Folge des Pilzwachsthums jedenfalls nur für den Anfang der Züchtung der Fall sein kann.

Bei der zweiten von denjenigen Mäusen dagegen, welche 0,2 ccm erhalten hatten, verlief die Sache anders. Dieselbe schien anfangs davonzukommen; denn am 2. und 3. Tage nach der Injection zeigte sie sich vollständig munter. Am 4. Tage jedoch wurde sie wider Erwarten todtgefunden. Bei der Section fand sich die Impfstelle am Rücken mit einer geringen harten Kruste bedeckt, kein Eiter darunter, die Musculatur jedoch an dieser Stelle ein wenig verfärbt. Das Peritoneum war klar und vollständig normal, ebenso alle Unterleibseingeweide; nur die Milz fand sich gewaltig vergrössert.. Deren Untersuchung ergab sehr grosse Mengen der charakteristischen Milzbrandstäbchen. Ebenso enthielt die Lunge massenhaft Bacterien, Leber und Nieren dagegen sehr wenig. Der ganze Befund machte es sohin unzweifelhaft, dass hier ein Fall von Milzbrand vorliege. Zur vollständigen Gewissheit wurde übrigens aus der Milz mittels der Isolirungsmethode eine Reincultur hergestellt, welche in der That erkennen liess, dass es sich um ächte Milzbrandbacterien handle. Ausserdem erwiesen die vorgenommenen Controlimpfungen das gebildete Contagium als sehr wirksam, indem bei ganz kleinen Impfmengen (schon 0,005 mg der Milzsubstanz) der Tod längstens innerhalb 24 Stunden mit dem nämlichen Befunde des Milzbrandes erfolgte.

Ein zweiter Versuch an 17 weissen Mäusen mit Mengen von 0,1—0,8 ccm hatte ganz analogen Ausgang. Die geringsten Quantitäten blieben ohne weitere Folge, die grösseren führten zum Tod durch Abscedirung. Eine der mit 0,3 ccm injicirten schien sich am 2. Tage erholt zu haben. Am 5. jedoch fand sie sich todt, und die Section und die vorgenommenen Controlversuche ergaben ausgesprochenen Milzbrand.

Es wurden nun bei 5 Kaninchen Injectionen mit 1—12 ccm der etwas verdünnten Sporenflüssigkeit in den Peritonealraum ausgeführt. Eines dieser Thiere zeigte sich

gleich am folgenden Tage krank und erlag am 5. Tage unter peritonitischen Erscheinungen. Die übrigen 4 erholten sich nach der Einspritzung bald und wurden in den folgenden Tagen vollständig munter. 3 davon blieben auch am Leben, das 4. jedoch fand sich am 5. Tage unvermuthet todt. Die Section ergab vollständiges Fehlen aller entzündlichen Erscheinungen; der Peritonealüberzug aller Unterleibsorgane erwies sich vollkommen ungetrübt, ebenso die Organe mit Ausnahme der Milz normal. Die letztere dagegen war merklich geschwollen. Mit Ausnahme dessen war überhaupt kein abnormaler Befund für die Besichtigung mit blossem Auge vorhanden. Die Untersuchung der Milz und Lunge ergab dagegen das Vorhandensein massenhafter Stäbchen von dem charakteristischen Aussehen der Milzbrandbacterien; Leber und Nieren enthielten nur vereinzelte solche Pilze. Die vorgenommenen Controlimpfungen und Züchtungsversuche endlich machten es zweifellos, dass hier wiederum ein Fall von ächtem Milzbrand vorlag.[1])

Diese Resultate bestätigten also die gehegte Erwartung. Sie sind von entscheidender Bedeutung, weil bei dem geübten Infectionsverfahren eine unabsichtliche Uebertragung von ächtem Milzbrandcontagium auf die Thiere vollständig ausgeschlossen war. Ausserdem wurden auch Stallungen zum Aufenthalt der Versuchsthiere benützt, in denen noch niemals Milzbrandfälle sich ereignet hatten.

---

1) Wegen der grossen Wichtigkeit dieser Resultate habe ich geglaubt, die Diagnose auf Milzbrand gegen allfällige Zweifel möglichst sicher stellen zu sollen, und desshalb Organtheile vom obigen Falle an Herrn Professor Bollinger gesandt mit der Bitte, durch Impfungen das Vorhandensein des ächten Milzbrandcontagiums seinerseits constatiren zu wollen. Das Resultat dieser Controlversuche, welches Herr Professor Bollinger der morphologisch-physiologischen Gesellschaft in München mittheilte, lautete in der That dahin, dass durch Impfung mit Theilen der übersandten Organe eclatanter Milzbrand mit allen dazu gehörigen Befunden erzielt worden sei.

Die lange Incubationsdauer von 4—5 Tagen, während deren die Thiere völlig munter waren, charakterisirte überdies unverkennbar diese, nach Pettenkofer's Bezeichnungsweise, ektogen erzeugten Milzbrandfälle gegenüber den contagiös oder endogen hervorgerufenen, bei denen, wenigstens für die Mäuse, der Tod 24 oder längstens 48 Stunden nach der Impfung zu erfolgen pflegt; diese längere Zeitdauer ist wohl erforderlich, damit die Umwandlung der veränderten Heupilze im Körper in Milzbrandbacterien erfolgen kann.

Bezeichnend war endlich die Erscheinung, dass in den beiden, an Mäusen ausgeführten Versuchsreihen gerade die mittlere Injectionsmenge positives Resultat ergab, d. h. die grösste, welche noch nicht zu Abscedirung und damit zu frühzeitigem Tode führte. Hierin lag schon eine Andeutung, dass das Procentverhältniss der positiven Fälle erhöht werden könne, wenn sich die Entstehung der Abscesse bei grösserer Impfmenge vermeiden liess.

Für die Theorie ist es allerdings genügend, wenn ein einziger, sicher constatirter Fall von Milzbrand durch Heubacterien in einwurfsfreier Weise erzeugt ist. In praktisch-aetiologischer Beziehung aber fragt es sich, unter welchen Bedingungen am leichtesten der ektogene Infectionsstoff im Thierkörper in endogenen sich umzuwandeln vermag. Die Antwort auf diese Frage wird durch specielle Versuche bei verschiedenen Thierspecies erbracht werden müssen, weil die verschiedene thierische Organisation hier jedenfalls von merklichem Einflusse ist.

Vorläufig habe ich in dieser Beziehung nur bei den weissen Mäusen die Untersuchung weiter geführt, und zwar nach dem oben erwähnten Gesichtspunkte. Die Injectionsmenge musste vergrössert, die Entstehung von Abscessen aber hintangehalten werden.

Die injicirte Pilzflüssigkeit verweilt bei diesen Thierchen

offenbar längere Zeit unter der Haut; es treten Gewebssäfte in dieselbe, und, da die injicirten Heupilze an dieser sauerstoffarmen Stelle vermehrungsunfähig sind, so vermehren sich die Fäulnisspilze, welche in einer solchen Injectionsstelle nie fehlen, und es entsteht in Kurzem ein Fäulnissherd. Die Ursache dieser Pilzentwicklung liegt aber keineswegs in dem Erguss von Gewebssäften an und für sich; bei subcutanen Knochenfracturen sehen wir beispielsweise keine Abcesse sich bilden, einfach desshalb, weil die ergossenen Säfte der normalen Beschaffenheit der thierischen Flüssigkeiten noch nahe genug stehen, um gleich diesen eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen die Fäulnisspilze zu besitzen.

Der Grund der Abscedirung lag also hauptsächlich in der Verdünnung und Vergiftung der ergossenen Gewebsflüssigkeiten durch die injicirte Pilzflüssigkeit, wodurch dieselben zur Ernährung von Fäulnisspilzen ungemein geeignet wurden. Die Verdünnung wenigstens liess sich vollständig vermeiden durch Anwendung trockenen Impfmateriales. Hiezu wurden Leinenbändchen in die Sporenflüssigkeiten getaucht, alsdann getrocknet und unter die Rückenhaut der Mäuse gebracht. Auf diese Weise gelang es nun in der That ausserordentlich viel bessere Resultate zu erzielen. Nach Feststellung der richtigen Impfmenge konnte schliesslich i n j e d e m e i n z e l n e n F a l l e durch die veränderten Heupilze nach Ablauf einer Incubationsdauer von 4—6 Tagen der Milzbrand mit allen charakteristischen Befunden erzeugt werden.

Der genetische Zusammenhang der Milzbrandbacterien mit den Heupilzen und die Möglichkeit des Uebergangs der einen in die andern ist damit vollkommen und in beiden Richtungen erwiesen. Zur Feststellung der natürlichen Aetiologie des Milzbrandes genügen diese Ergebnisse zwar noch nicht vollständig, da es ja nicht gelang, mit den

unveränderten Heupilzen den Milzbrand zu erzeugen und da die vielleicht besonderen Eigenschaften der an den Milzbrandlocalitäten vorkommenden Heupilze bisher noch nicht erforscht sind. Es lässt sich jedoch bereits erkennen, dass unseren Vorstellungen in dieser Beziehung eine wesentliche und grundsätzliche Aenderung bevorsteht, die auch für das praktische Verhalten nicht ohne Einfluss bleiben wird. Um so eher wird dies der Fall sein müssen, da die geltenden aetiologischen Theorien mit den Thatsachen durchaus im Widerspruche sich befinden.

Sitzung vom 6. März 1880.

Herr v. Nägeli legt vor und bespricht folgende Abhandlung:

„Versuche über die Entstehung des Milzbrandes durch Einathmung" von Dr. Hans Buchner.

Obwohl die Uebertragungsart vieler Infectionskrankheiten keinen Zweifel lässt, dass staubförmig in der Luft vertheilte Infectionsstoffe durch die Lungen direct dem Blute zugeführt werden können, so fehlt bisher doch die nähere Kenntniss dieses Vorgangs, welche nur das Experiment gewähren kann.[1]) Ein ausgezeichnetes Object bildet hiefür das Contagium des Milzbrandes, weil die Pilze, welche dasselbe darstellen, künstlich beliebig vermehrt und in die widerstandsfähige Dauerform übergeführt werden können, und weil ausserdem der Erfolg der Einathmung durch den eintretenden Tod des Versuchsthieres und den

---

1) Die mit nasser Zerstäubung tuberculöser Massen erhaltenen positiven Resultate von Tappeiner, Lippl und Schweninger beweisen nichts für einen directen Uebergang des eingeathmeten Infectionsstoffes in's Blut. Die wahrgenommenen Erfolge erklären sich vielmehr dadurch, dass die zerstäubten Substanzen in den feineren Bronchiolen abgelagert wurden und hier zunächst begrenzte Infectionsherde bildeten, von denen aus in der Folge erst die allgemeine Infection sich entwickelte.

Nachweis des Milzbrandes sich zweifellos und innerhalb kurzer Zeit constatiren lässt.

Eine Reihe mit diesen Pilzen unternommener Einathmungsversuche, welche im pflanzen-physiologischen Institut des Herrn Professor v. Nägeli ausgeführt wurden, ergab denn in der That, dass bei Anwendung der richtigen Bedingungen ungemein leicht auf dem Athmungswege Infection erzielt werden kann.

Mit Rücksicht auf die natürlichen Verhältnisse schien es am wichtigsten, die Einathmung trockenen Pilzstaubes zu untersuchen. Es müssen hiezu Sporen verwendet werden, weil die Milzbrandbacterien durch stärkeres Austrocknen ihre infectiöse Wirksamkeit einbüssen. Da in der Natur wohl niemals reiner Pilzstaub, d. h. Staub, der nur aus Pilzen besteht, in die Lungen gelangen wird, so wurden auch hier chemisch indifferente, feine Pulverarten als Träger der Pilze gewählt, indem dieselben mit der Sporenflüssigkeit benetzt, dann bei Körperwärme getrocknet und wieder zerrieben wurden. Es ist sehr wichtig darauf zu achten, dass die Pilzflüssigkeit möglichst wenig klebrige organische Stoffe in Lösung enthält, und dass eine geringe Menge derselben auf viel Pulver verwendet wird. Andernfalls kleben die feinsten Staubtheilchen, welche bei der Einathmung gerade die wirksamsten sind, untrennbar zusammen.

Zu den Versuchen dienten ausschliesslich weisse Mäuse, die bekanntlich eine grosse Empfänglichkeit für Milzbrand besitzen. Die Zerstäubung erfolgte in einem geschlossenen Raume, für dessen Trockenheit durch ergiebige Ventilation gesorgt werden muss.[1])

---

1) Es ist nicht leicht, geringe Mengen pulverförmiger Substanzen in einem kleinen Behälter gleichmässig andauernd zu zerstäuben. Ein continuirlich blasender Luftstrom, auf diejenige Stelle gerichtet, an der

Verschiedene Pulverarten wurden allmählig durchprobirt, nämlich Holzkohle, Talk,[1]) gebrannte Magnesia, Schwefelmilch, Bärlapp-Samen und solcher von Lycoperdon giganteum (Riesenpulverschwamm), Stärkemehl, endlich Strassen- und Zimmerstaub. Die Stäubungsfähigkeit dieser Pulver nach der Benetzung mit Sporenflüssigkeit und folgender Wiederaustrocknung war jedoch eine sehr verschiedene. Die meisten Substanzen zeigten sich nach dieser Procedur sehr ungeeignet, wiederum feinen Staub zu geben. Befriedigend war das Verhalten nur bei Holzkohle und Talkpulver. Diese beiden Staubarten waren es auch, welche bei den Einathmungsversuchen positive Resultate und zwar mit überraschender Sicherheit ergaben.

In 24 Fällen, bei je einmaliger Einathmung von Kohlen- oder Talk-Sporenpulver in der Dauer von $^1/_4$—2 Stunden, erfolgte der Tod an Milzbrand nach Ablauf von 1—3 Tagen. Die Gesammtzahl der Versuche mit diesen beiden Pulverarten war selbstverständlich etwas grösser, da bei nicht genügend vorsichtiger Bereitung des Pulvers die Einathmung erfolglos blieb. Aber es kam vor, dass von 8 unmittelbar nach einander mit demselben Staube ausgeführten Versuchen, von denen keiner länger als 30

---

sich der Staub befindet, bewirkt zwar ein einmaliges Aufwirbeln des letzteren, aber nicht eine fortgesetzte Zerstäubung, weil der wieder zu Boden sinkende Staub an andern Stellen sich ablagert als an derjenigen, auf welche der Luftstrom trifft. Dem kann theilweise abgeholfen werden, wenn man dem Staubraume einen trichterförmig vertieften Boden gibt, und wenn die Luftströmung auf den tiefsten Punkt des letzteren gerichtet ist. Aber auch dann noch legt sich der Staub an den Innenwandungen des Trichters an und entgeht der Wirkung des Luftstromes. Es bedarf daher noch einer regelmässig wiederkehrenden Erschütterung des Trichters, um das Herabgleiten des innen lagernden Staubes bis auf den tiefsten Punkt herbeizuführen.

1) Jene Sorte von Talk, welche im Handel unter der Bezeichnung „Federweiss" vorkommt.

Minuten dauerte, nicht ein einziger den tödtlichen Ausgang durch Milzbrand vermissen liess.

Dagegen hatte von einer grossen Zahl von Einathmungsversuchen, die mit den andern erwähnten Pulverarten in der gleichen Zeitdauer angestellt wurden, nur e i n e r positives Resultat, und zwar einer von denen, die mit gebrannter Magnesia ausgeführt worden waren. Durch Controlimpfungen wurde jedesmal constatirt, dass diese durch Inhalation unwirksamen Staubarten infectionstüchtige Milzbrandsporen enthielten.

Es fragt sich nun, was aus diesen Resultaten geschlossen werden kann, d. h. ob man annehmen darf, dass der merkwürdige Erfolg der Kohlenstaub- und Talkinhalationen eine Aufnahme der Pilzstäubchen durch die Lungen beweise. Denkbar sind ausserdem ja noch drei Wege, auf denen der Infectionsstoff bei diesen Versuchen in die Thiere gelangen konnte: einmal Verletzungen der Oberhaut, alsdann oberflächliche Schleimhautpartien (Conjunctiva bulbi etc.), endlich der Verdauungscanal. Von diesen drei Unbekannten lässt sich bei Einathmungsversuchen mit infectiösen Substanzen nur die erste mit einiger Sicherheit ausschliessen. Die beiden übrigen können unmöglich abgesondert werden. Es würde selbst nichts nützen, bei einem grösseren Thiere die Inhalation durch eine Trachealcanüle direct in die Lungen zu leiten. Nur ein constant negatives Ergebniss könnte in diesem Falle vielleicht etwas beweisen. Ein positives wäre immer zweideutig wegen der möglichen Verunreinigung der Trachealwunde durch den Infectionsstoff.

Die angeführten, negativ ausgefallenen Versuche mit

---

1) Das Eindringen des Staubes in die peripheren Lungenläppchen lässt sich unter Anwendung von Kohlenpulver schon bei ganz kurzdauernder Einathmung leicht mikroskopisch nachweisen.

den weniger fein stäubenden Pulverarten bilden nun aber die denkbar beste Controle für die vorausgehenden Versuche, da in diesen Fällen Alles gleich blieb, mit Ausnahme dessen, dass die gröberen Stäubchen zu leicht niederfielen und desshalb nicht bis in die Alveolen vorzudringen vermochten. Obwohl die Thierchen am Ende des Versuchs oft ganz dicht mit diesen schlecht stäubenden Pulvern überdeckt waren, wodurch die Gelegenheit zum Verschlucken oder zu einer Infection durch oberflächliche Schleimhäute genau die nämliche war, wie bei den gut stäubenden Pulversorten, so blieb dies für den Unterschied in der Wirkung der Staubarten doch ganz gleichgültig. Aus dem e i n e n positiven Ergebniss mit gebrannter Magnesia darf man aber nicht etwa schliessen, dass hier die Infection auf anderem Wege als durch die Lunge erfolgt sei. Denn einmal reihte sich die Magnesia, soweit man dies mit blossem Auge beurtheilen kann, bezüglich der Stäubungsfähigkeit unmittelbar jenen gut wirkenden Pulvern an; und dann muss überhaupt angenommen werden, dass auch bei den weniger geeigneten Staubsorten einzelne Pilzstäubchen bis in die Alveolen gelangten, aber nur während der Versuchsdauer zu wenig, um erfolgreich zu inficiren. Denn auch von völlig wirksamen Sporen braucht es, wie die Impfversuche zeigen, eine gewisse, nicht allzu geringe Menge, um den Milzbrand hervorzurufen. Vermuthlich könnte sonach durch erhöhte Einathmungsdauer die Wirkung der schlecht stäubenden Pulver gesteigert werden. Ein derartiger Versuch brächte jedoch für die Deutung keinen Gewinn. Er würde umso unsicherer, je länger er dauert, weil die Gelegenheit zur Aufnahme von Sporen in den Verdauungscanal im gleichen Masse zunehmen würde.

Dagegen schien es wichtig, die Wirksamkeit des Infectionsstoffes von den V e r d a u u n g s w e g e n aus direct zu prüfen.

Bekanntlich gehen die Anschauungen der Autoren über diesen Punkt gerade beim Milzbrand gewaltig aus einander. Beobachtungen und Experimente haben bisher fast in gleicher Zahl positive und negative Resultate gegeben. Daraus geht jedenfalls soviel hervor, dass der Uebertragung auf diesem Wege gewisse Hindernisse entgegenstehen, die den Erfolg ausserordentlich viel unsicherer machen als z. B. bei Impfung unter die Haut. Diese Widerstände können entweder in einer schädlichen Wirkung der Verdauungssäfte auf die Pilze, oder in der Undurchdringlichkeit der unverletzten Schleimhaut liegen. In beiden Fällen sieht man von vorneherein, dass verschiedene Thierspecies sich verschieden verhalten können.[1])

Was die Mäuse anbelangt, so hat R. Koch die Milzsubstanz milzbrandiger Thiere und ausserdem sporenhaltige Massen an dieselben verfüttert, ohne jedoch einen Erfolg zu sehen.[2]) Das gleiche Resultat bekam ich bei Anwendung frischer Milzbrandtheile die nur Bacterien enthielten, oder bei mehrtägiger Fütterung mit grossen Mengen gezüchteter, als wirksam erwiesener Milzbrandbacterien. Auch bei Zumischung von Kohlenpulver, das durch seine scharfen Splitter möglicherweise Verletzungen in den Schleimhäuten bewirken kann, wurde der Erfolg nicht geändert.[3])

---

1) In der That haben die Versuche von Renault, Colin und Bollinger zu derartigen Ergebnissen geführt. Die Unempfänglichkeit der Fleischfresser für Milzbrandinfection vom Darme aus erklärt sich freilich theilweise aus der überhaupt geringen Disposition dieser Thiere für Milzbrand. Eine kleine Zahl von aufgenommenen Pilzen, die bei einem Wiederkäuer zur Erzeugung von Milzbrand hinreicht, würde desshalb beim Fleischfresser wirkungslos bleiben.

2) Beiträge zur Biologie der Pflanzen von F. Cohn. II. 3. H. 1877. S. 299.

3) Zu dieser Versuchsmodification wurde ich hauptsächlich durch die Experimente von Pasteur und Toussaint veranlasst, welche

Ebenso blieben die Resultate, als Milzbrandsporen in mässiger Menge dem Futter zugesetzt wurden. Auch Zumischung von Kohlenstaub änderte nichts an diesem Verhalten. Dagegen bekam ich endlich positive Ergebnisse bei Anwendung von grösseren Sporenmengen. Von 4 weissen Mäusen, die 4 Tage lang einen derartig, und zwar unter Zusatz von Kohlenpulver bereiteten Brei zur Nahrung erhielten, erlagen zwei am 4., eine am 5. Tage an Milzbrand; die vierte blieb am Leben. Um zu erfahren, ob hier die Beimischung des Kohlenpulvers für den Erfolg entscheidend gewesen sei, fütterte ich 6 ausgewachsene weisse Mäuse der gleichen Abstammung 3 Tage lang mit einem Brei aus eingeweichter Semmel mit Zusatz grösserer Quantitäten von Milzbrandsporen. Bei dreien dieser Mäuse wurde dem Brei ausserdem Kohlenpulver zugesetzt. Innerhalb 5 Tagen erlagen 5 dieser Mäuse an Milzbrand. Die Ueberlebende, die am 4. Tage ebenfalls krank erschien, war gerade eine von jenen, die Kohlenpulver zugemischt erhalten hatten. Somit genügen grössere Mengen von Sporen an und für sich und ohne Zusatz mechanisch wirkender Stoffe vom Verdauungscanale aus zur Infection.

Es wäre nun sehr interessant zu wissen, worin der Unterschied zwischen Sporen und Stäbchen in dieser Hinsicht begründet ist. Liegt derselbe in einer verschiedenen Einwirkung der Verdauungssäfte auf beide Vegetationszustände, dann müssen Impfungen mit dem Koth von Mäusen, die mit Sporen oder mit Stäbchen gefüttert wurden, verschiedene Resultate ergeben. In der That zeigte sich, dass Sporenkoth bei subcutaner Anwendung ungemein leicht Milzbrand hervorrief, Stäbchenkoth dagegen in kleinerer Menge unwirksam war, in grösserer aber septische Processe

---

durch Anwendung von Rauhfutter, dem sie Milzbrandstoffe zugemischt hatten, bei ihren Thieren ziemlich viel positive Ergebnisse erhielten.

veranlasste. Indess ist damit doch nur entschieden, dass die Bacterien am Ende des Verdauungscanales unwirksam anlangen, man weiss aber nicht, wo diese Unwirksamkeit einzutreten beginnt. Desshalb tödtete ich eine mit Milzbrandbacterien gefütterte Maus und benützte den Darminhalt aus der Mitte des Ileums zu subcutanen Impfungen. Das Resultat war ein positives und zeigte somit, dass die Unwirksamkeit der Milzbrandbacterien von den Verdauungswegen der Mäuse aus durch einen schädlichen Einfluss der abgesonderten Säfte nicht, oder wenigstens nicht genügend erklärt werden kann.

Der entscheidende Umstand wird also wohl in den Bedingungen des Durchtritts durch die Schleimhaut zu suchen sein. In dieser Beziehung darf nicht übersehen werden, dass auch von den im Nahrungsbrei befindlichen Sporen offenbar nur der allerkleinste Theil zur Aufnahme in's Blut gelangt. Die Menge von Sporen, welche zur Infection durch den Verdauungscanal erfordert wurde, war wohl millionenmal grösser als diejenige, die zu einer erfolgreichen Impfung unter die Haut genügt hätte. Ueberdies zeigte sich schon aus der grossen Wirksamkeit des Kothes nach Sporenfütterung, dass der weitaus grösste Theil der Pilze ohne Veränderung hindurchgegangen war.

Wenn nun der Verdauungscanal der Mäuse überhaupt so wenig zur Aufnahme von Pilzen geeignet ist, dann kann möglicherweise ein Unterschied in der Form des Pilzes von Wichtigkeit sein. Und allerdings werden cylindrische Stäbchen weniger geeignet sein, durch enge Oeffnungen zu gehen, als eiförmige Körperchen vom gleichen Querschnitt, weil bei ersteren die Reibung eine grössere wird.

Dies ist jedoch nur die mechanische Seite der Frage. Gerade bei den Bacterien des Milzbrandes muss aber vielleicht noch ein anderer Umstand berücksichtigt werden. Wenn nämlich die Zeit, welche ein Pilz zur Durchwanderung der

unverletzten Schleimhaut d. h. bis zum Eintritt in den Kreislauf braucht, nicht sehr gering ist, dann wird dieser Aufenthalt im sauerstoffarmen Gewebe den Milzbrandbacterien schaden, während er für die Sporen gleichgültig ist.

Es geht aus diesen Ergebnissen hervor, dass bei den Einathmungsversuchen jedenfalls gar keine Gefahr einer störenden Nebenwirkung von Seite des Verdauungscanales existirte, weil die Menge von Sporen, welche die Thierchen dort, etwa durch Ablecken, aufnehmen konnten, bei weitem zu gering war, um eine Infection bewirken zu können. Um indess die quantitativen Verhältnisse, auf welche es dabei entscheidend ankommt, völlig klar zu machen, habe ich noch folgenden Versuch ausgeführt.

Von einer bestimmten Menge Talk-Sporenstaub wurde der vierte Theil zur Einathmung bei 10 weissen Mäusen verwendet; dieselben erlagen sämmtlich an Milzbrand, obwohl doch höchstens der tausendste Theil der wirksamen Sporen in die Verdauungswege gelangt sein konnte. Die übrigen drei Viertel des Pulvers wurden an weitere 10 Mäuse der gleichen Zucht auf einmal verfüttert und befanden sich somit gleichzeitig im Verdauungscanal dieser Thierchen. Trotzdem blieben die letzteren alle munter und am Leben.

Damit ist entschieden, dass die Lungen ganz ausserordentlich viel leichter den Uebertritt der Pilze in's Blut ermöglichten als der Darm. Denn von den zerstäubten Sporen konnte wohl nicht mehr als der millionste Theil in die Alveolen gelangt sein. Die dreimillionenfache Menge hatte aber vom Darme aus noch keine Wirkung.

Bezüglich der Zeit, welche der Uebergang der Pilze auf dem Athmungswege in's Blut erforderte, ist noch zu erwähnen, dass in manchen der beobachteten Fälle schon

24—36 Stunden nach der Einathmung der tödtliche Ausgang erfolgte. Im Vergleich mit entsprechenden Impfversuchen ist diese Zeit beinahe ganz auf die Entwicklung des Milzbrandes im Thiere d. h. auf die Pilzvermehrung zu rechnen. Es bleibt desshalb jedenfalls nur eine geringe Frist für den Uebergang der Pilze in's Blut, und es geht daraus mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass keine Lymphdrüsen auf diesem Wege passirt werden müssen. Mikroskopische Untersuchung dieser letzteren Verhältnisse würde übrigens zu keinem Ergebnisse führen. Dieselbe hätte nur dann Werth, wenn sie kurze Zeit nach der Einathmung ausgeführt werden könnte. Die wenigen eingeathmeten Sporen sind aber alsdann nicht aufzufinden und nicht zu erkennen. Alle späteren Untersuchungen mit positivem Ergebniss gestatten keinen sicheren Schluss, weil gerade die Lunge beim Milzbrand der Mäuse zu denjenigen Organen gehört, in welchen die Pilzentwicklung ohnehin vorzugsweise stattfindet.

Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

Von der medicinischen Gesellschaft in Berlin:

Verhandlungen aus dem Jahre 1878/79. Bd. X. 1880. 8⁰.

Von der physikalischen Gesellschaft in Berlin:

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1874. XXX. Jahrg. 1879. 8⁰.

Von der k. k. Sternwarte in Wien:

Annalen. 3. Folge. Bd. 28. Jahrg. 1878. 1879. 8⁰.

Vom naturforschenden Verein in Brünn:

Verhandlungen. 17. Bd. 1878. 1879. 8⁰.

Vom Verein für Erdkunde in Metz:

2. Jahresbericht pro 1879. 1880. 8⁰.

Vom Verein für Erdkunde in Leipzig:

Mittheilungen. 1880. 8⁰.

Von der medicinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Jena:

Denkschriften. Bd. I. Abth. I mit Atlas.
„ II. Heft 3. 1879. Fol.

Von der Ministerialkommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten. Jahrg. 1879 Nr. X. XI. Berlin 1880. qu. 4°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein für Steiermark in Graz:

a. Mittheilungen. Jahrg. 1879. 1880. 8°.
b. Das chemische Institut der k. k. Universität Graz von Leopold von Pebal. Wien 1880. 4°.

Vom zoologisch-mineralogischen Verein in Regensburg:

Correspondenz-Blatt. Jahrg. 33. 1879. 8°.

Von der British Association for the advancement of science in London:

Report on the 49. Meeting, held at Sheffield in Aug. 1879. 8°.

Vom physicalischen Central-Observatorium in St. Petersburg:

Annalen. Jahrg. 1878. 1879. 4°.

Von der Royal Astronomical Society in London:

Memoirs. Vol. 44. 1877—79. 1879. 4°.

Von der Société de géographie in Paris:

Bulletin. 1880. Janvier & Février. 1880. 8°.

Von der Redaction des Moniteur scientifique in Paris:

Moniteur scientifique. Livr. 460. 1880. gr. 8°.

Von der Société de physique et d'histoire naturelle in Genf:

Mémoires. Tom. XXVI. Partie 2. 1879. 4°.

Vom R. Comitato geologico d'Italia in Rom:

Bollettino. 1880. 1880. 8°.

Von der Società Veneto-Trentina di scienze naturali in Padova:

Bullettino. 1880. Nr. 3. 8°.

Vom Observatory in Cambridge:

Astronomical Observations. Vol. XXI. 1879. 4°.

Von der Società Toscana di scienze naturali in Pisa:

Atti. Processi verbali. Adunanza del di 14 marzo 1880. 8°.

Vom naturhistorischen Verein von Wiscousin in Milwaukee:

Jahresbericht auf d. J. 1879—80. 1880. 8°.

Vom Herrn Hermann Kolbe in Leipzig:

Journal für praktische Chemie. 1880 Nr. 1—6. Bd. 21. 8°.

Vom Herrn Adam Frhrn. von Burg in Wien:

Ueber die Wirksamkeit der Sicherheitsventile bei Dampfkesseln. 1879. 8°.

Vom Herrn Wilh. Friedr. Gintl in Prag:

Studien über Crookes' strahlende Materie. 1880. 8°.

Vom Herrn Rudolf Wolf in Zürich:

Astronomische Mittheilungen. Nr. 50. 1880. 8°.

Vom Herrn C. Bruhns in Leipzig:

a) Resultate aus den meteorologischen Beobachtungen in den Jahren 1874 und 1875. XI. und XII. Jahrg. Dresden und Leipzig 1880. 4°.
b) Bericht über das meteorologische Bureau für Wetterprognosen im Königreich Sachsen für das Jahr 1879. 1880. 8°.

Vom Herrn Oskar Wehrmann in München:

Das Eisenbahnfrachtgeschäft. 1880. 8°.

Vom Herrn Joh. Ev. Weiss in Hattingen a. d. Ruhr:

Anatomie und Physiologie fleischig verdickter Wurzeln. Regensburg 1880. 8°.

Vom Herrn Wilh. Blasius in Braunschweig:

Oeffentliche Anstalten für Naturgeschichte und Alterthumskunde in Holland. 1880. 8°.

Vom Herrn Edward S. Morse in New-York:

Dolmens in Japan. 1880. 8°.

Vom Herrn John Sadler in Edinburgh:

Report on Temperatures during the Winter of 1878/79. 1880. 8°.

Vom Herrn Preudhomme de Borre in Brüssel:

a) Description d'une espèce nouvelle du genre Trichillum Harold. 1880. 8°.
b) Note sur le genre Macroderes Westwood. 1880. 8°.

Vom Herrn P. Riccardi in Modena:

Biblioteca Matematica Italiana. Parte II fasc. 2. 1880. 4°.

Vom Herrn Ornwud Stone in Cincinnati:

On the Extra-Meridian Determination of Time. 1880. 8°.

Vom Herrn Ferdinand von Müller in Melbourne:

Eucalyptographia. V. Decade. 1880. 4°.

Sitzungsberichte
der
königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 1. Mai 1880.

Herr W. von Beetz sprach:

„Ueber die Natur der galvanischen Polarisation."

Seit der Einführung des Quadrantelectrometers als Messinstrument zur Bestimmung electrischer Potentiale ist es möglich geworden, eine Reihe von Fragen auf Grund einfacherer und reinerer Versuche zu behandeln, als es bei Anwendung galvanometrischer Messmethoden geschehen konnte. Unter den hieher gehörigen Arbeiten ist besonders die ansehnliche Reihe von Untersuchungen, welche Herr Fr. Exner während der letzten Jahre in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie veröffentlicht hat, mit hervorragendem Interesse aufgenommen worden. Diese Untersuchungen nehmen den alten Streit der electrochemischen Theorie des Galvanismus gegen die Contacttheorie wieder auf: jenen Streit, welcher ganz erloschen schien seit der Zeit, zu welcher das Princip von der Erhaltung der

Energie sich allgemein Bahn gebrochen hatte. In der That gab es wohl seit jener Zeit keinen Contacttheoretiker mehr, welcher annahm, dass die blosse Thatsache des Contactes heterogener Körper miteinander die Quelle einer Electricitätserregung sei. So verschieden auch immer die Molecularvorgänge, welche bei einem solchen Contacte eingeleitet werden, gedacht werden mochten, so war doch die Ansicht ganz allgemein aufgenommen, dass einer jeden Stromesarbeit ein bestimmt begränzter chemischer Process entsprechen müsse und dass die bei diesem Processe auftretende Verbindungswärme als Maass der vorhandenen electromotorischen Kräfte dienen könne in sofern diese Wärme gleich ist dem Producte aus Stromstärke und electromotorischer Kraft. Die Literatur über die in dieser Richtung maassgebend gewordenen Arbeiten ist in Wiedemanns Lehrbuch des Galvanismus ebenso vollständig wie übersichtlich zusammengestellt. Wenn nun Herr Exner durch seine neuen mit dem Quadrantelectrometer ausgeführten Messungen nachweist, dass die Proportionalität zwischen Verbindungswärme und der an den Polen eines offenen Elementes auftretenden Potentialdifferenz überall aufrecht erhalten bleibe, so hat er damit auch im Sinne der Contacttheoretiker eine äusserst verdienstliche Arbeit geliefert, denn die bisherigen Experimentaluntersuchungen, welche denselben Zweck verfolgten, leiden zum Theil an ganz bedeutenden Schwächen. Das ist in erster Reihe von den Versuchsresultaten zu sagen, welche Bosscha[1]) einem Theile seiner sorgfältig durchgeführten Betrachtungen zu Grunde gelegt hat. Es sind dies die durch die Untersuchungen von Lenz und Saweljew[2]) gewonnenen Resultate. Bosscha wählte die von den genannten Physikern erhaltenen Data, weil dieselben

1) Poggend: Ann. CIII. p. 487 und CV. p. 396 (1858).

2) ebend: LXVII. p. 497 (1846).

auf Grund der Ohmschen Methode zur Bestimmung electromotorischer Kräfte gewonnen waren; von anderen Beobachtern mittelst der Compensationsmethode erhaltene dahin gehörige Zahlen konnte er deshalb nicht verwerthen, weil er für seine Betrachtungen das wirkliche Vorhandensein, nicht die Aufhebung eines Stromes, voraussetzen musste. Aber abgesehen davon, dass wir längst wissen, dass nach der Ohmschen Methode übereinstimmende Resultate garnicht gewonnen werden können, hatte ich gerade von den Untersuchungen von Lenz und Saweljew nachgewiesen[3]), dass sie ganz unzuverlässige Ergebnisse liefern mussten. Die Erfahrung bestätigt das auf den ersten Blick: um nur ein Beispiel anzuführen, erwähne ich, dass jene Physiker die Polarisation des Platins in Chlor gleich Null fanden, während durch meine und Macalusos[4]) Versuche der bedeutende Betrag dieser Polarisation nachgewiesen worden ist. Auffallender Weise hat Bosscha diese Unzuverlässigkeit selbst bemerkt, ohne sich dadurch von der Benutzung der unzuverlässigen Zahlen abschrecken zu lassen. Er sah nämlich ein, dass der von den russischen Physikern gegebene Werth der electromotorischen Kraft eines Daniellelementes zu klein sein müsse und nahm deshalb, um deren Data auf das Daniellelement als Einheit reduciren zu können, für dessen Kraft eine Zahl an[5]), welche um 10 p. C. grösser ist, als die aus den directen Beobachtungen hervorgehende. Trotzdem hält er diese Beobachtungen doch für ohne Zweifel zuverlässiger[6]), als die von Svanberg[7]), was ich durchaus für ungerechtfertigt halte. Die auf einfachen Messungen beruhende Bestätigung des Princips die Erhaltung der Energie

3) Poggend: Ann. XC. p. 42 (1853).
4) Ber. d. k. sächs. Ges. d. W. 26. Juli 1873.
5) Poggend: Ann. CIII. p. 506 (1858).
6) ebend. p. 503.
7) ebend. LXXIII p. 298 (1848).

in der galvanischen Kette, welche Herr Exner geliefert hat, kann deshalb nur höchst willkommen sein.

Andrerseits kann ich durchaus nicht finden, dass die von Herrn Exner gewonnenen Resultate den bisherigen Anschauungen so vollständig zuwider laufen, wie er glaubt und dass da, wo sie wirklich denselben widersprechen, es unbedingt nöthig ist, das bisher als richtig Angenommene zu verwerfen. Ich will im Folgenden diejenige Reihe galvanischer Erscheinungen, welchen auch Herr Exner sein besonderes Augenmerk zugewandt hat, die Erscheinungen der galvanischen Polarisation und der electromotorischen Kraft der Gase in dieser Beziehung näher prüfen.

Zuvörderst muss ich vorausschicken, dass die Ansicht, welche ich über diese letztgenannte Kraft ausgesprochen habe, etwas Gemeinsames hat mit der des Herrn Exner. „Das führt uns auch zu einer anderen, bisher gar nicht beachteten und wie es mir scheint sehr wichtigen Thatsache", sagt derselbe[8]), „dass nämlich die Gase, die im Electrolyten frei werden, überhaupt garnichts mehr mit der Polarisation zu thun haben; nur durch ihr Verschwinden als Gase erzeugen Wasserstoff und Sauerstoff einen Polarisationsstrom." Und in einer zwei Monate früher erschienenen Arbeit[9]) sage ich: „Ich glaube hiernach behaupten zu dürfen, dass wir es streng genommen mit einer electromotorischen Kraft der Gase nie zu thun haben, sondern entweder mit Spannungsdifferenzen, welche durch verschiedenartige Leitungsflüssigkeiten hervorgerufen werden, oder mit Veränderungen der Metalle durch solche Gase, welche ihren gasförmigen Zustand durch Occlusion in den Metallen oder durch Condensation auf deren Oberfläche ganz aufgegeben haben." Die Gase als solche betrachten wir also Beide als unbetheiligt an der Erregung electromotorischer Kräfte,

8) Wiener Sitzungsber. 11. Juli 1878.

9) Münchener Sitzungsber. 4. Mai 1878; Wiedemann: Ann. V. p. 18.

unter dem „Verschwinden der Gase als solcher" haben wir uns freilich Verschiedenes gedacht. Nach Herrn Exner besteht dasselbe in der Verbindung der Gase miteinander, z. B. des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff, eine Ansicht, die schon öfter ausgesprochen, aber immer wieder aufgegeben worden ist, denn die Vereinigung beider Gase wird ja bekanntlich nur beobachtet, wenn das Gaselement in sich geschlossen ist; es kann sich in der offenen Kette also nur um die Tendenz zu einer solchen Vereinigung handeln. Diese Tendenz als Maass und sogar als Quelle der electromotorischen Kraft anzusehen ist schon von Schoenbein[10]) vorgeschlagen worden; eine solche Annahme ist mit dem Principe von der Erhaltung der Energie durchaus vereinbar und führt ebenfalls darauf, die Verbindungswärme als Maass der electromotorischen Kraft anzuerkennen.

Auch die Bemerkung, dass bei näherer Betrachtung der Unterschied zwischen dem Strome einer Hydrokette und dem der Polarisation vollkommen verschwinde, findet gewiss allgemeine Zustimmung. Von den Contacttheoretikern sind beide immer von demselben Gesichtspunkte aus behandelt und die electromotorischen Kräfte der Polarisation nach Poggendorffs[11]) Vorgang algebraisch zu den primären addirt worden. Dagegen ist mir die Verbindung des Polarisationsstromes mit dem primären Strome, wie sie Herr Exner[12]) darstellt, nicht recht verständlich: „Man kann sagen, dass der Polarisationsstrom ein ebenso integrirender Bestandtheil bei der Electrolyse ist, wie der primäre Strom selbst. Es ist eine Electrolyse ohne dem einen ebensowenig möglich, als ohne dem andern." Man kann doch wohl nicht von der gleichzeitigen Existenz zweier Ströme im Kreise einer Kette

10) Poggend: Ann. XLIII. p. 89 (1838).

11) ebend.: LXVII. p. 528 (1846).

12) Wiener Sitzungsber. 9. Mai 1878. p. 8.

sprechen, in welchem eine Electrolyse stattfindet. Im ganzen Kreise ist ein bestimmtes Gefälle vorhanden, in welchem an zwei Stellen ein Sprung stattfindet; der Strom aber, welcher dadurch entsteht ist ein einziger und von einem Polarisationsstrome als solchem kann ich mir nur dann eine Vorstellung machen, wenn die Electroden unter sich verbunden werden.

Was den quantitativen Betrag der Polarisation betrifft, so hat Herr Exner gewiss vollkommen Recht, wenn er die Abweichungen in den von verschiedenen Physikern darüber gemachten Angaben vorzugsweise der mangelhaften Beachtung der die Electrolyse begleitenden Nebenumstände (Plattengrösse, Beschaffenheit der Zersetzungsflüssigkeit, secundäre chemische Vorgänge u. s. w.) zuschreibt. Wenn es sich nur um die Bestimmung des Polarisationsmaximums handelte, (und das war der am häufigsten behandelte Fall) so waren indess diese Abweichungen garnicht so erheblich; ich habe z. B. für die Polarisation von Platinplatten in verdünnter Schwefelsäure gezeigt[13]), dass die von den verschiedenen Beobachtern gefundenen Resultaten fast vollkommen übereinstimmen, wenn man zufällig untergelaufene Irrthümer beseitigt. Ich habe ferner, wie jetzt Herr Exner, darauf aufmerksam gemacht, dass wohl der über Erwarten hohe Betrag dieses Polarisationsmaximums der Bildung von Wasserstoffsuperoxyd zuzuschreiben sei.[14]) Auch Bosscha[15]) hat dieser Erscheinung eine längere Betrachtung gewidmet. Wenn es sich um Polarisationen handelte, welche diesen Maximalwerth nicht erreichten, so sind allerdings recht verschiedene Angaben gemacht worden und vor Allem ist es

13) Poggend. Ann. LXXVIII. p. 35 (1849).

14) ebend: XC. p. 64 (1853). Ich bemerke dazu, dass diese Arbeit zu der Zeit erschien, als man nach Baumert Ozon als ein Wasserstoffsuperoxyd betrachtete.

15) ebend.: CIII. p. 495 (1858).

richtig, dass gewöhnlich der Stromstärke durch welche und der Zeit, in welcher die Polarisation hervorgerufen wurde, mehr Aufmerksamkeit geschenkt worden ist, als der electromotorischen Kraft der primären Kette. Dennoch ist durchaus die Bedeutung dieser Kraft für die möglicherweise zu erreichende Polarisationsgrösse nicht übersehen worden. Herr Exner sagt von seinen Beobachtungen: „Diese Zahlenreihen ergeben das interessante Resultat, dass bei allmählich anwachsender electromotorischer Kraft des primären Stromes die electromotorische Kraft der Polarisation in dem Maasse steigt, dass sie bis zu einem gewissen Momente jederzeit gleich ist der des primären Stromes." Dem entsprechend sage ich[17]: „Der Strom einer Daniellschen Kette (von der Kraft 21,22) könnte nur so lange Wasserstoff und Chlor aus Salzsäure zwischen Platinelectroden entwickeln, bis deren Ladung ebenfalls = 21,22 ist, während das Maximum der Polarisation 21,99 sein müsste; denn wenn die beiden Kräfte einander gleich sind, hört jede weitere Wirkung auf." Und noch viel allgemeiner sagt Crova[18]: „Solange die electromotorische Kraft der Säule, welche den Strom liefert, eine gewisse Grenze nicht erreicht hat, ist die electromotorische Kraft der Polarisation der der Säule gleich und wächst mit ihr von Null bis zu dieser Grenze. Wächst die electromotorische Kraft der Säule über diese Grenze hinaus, so beginnt die Gasentwicklung auf der Oberfläche der Platten, die Kraft der Polarisation fährt fort immer langsamer und langsamer zu wachsen und strebt schnell einem constanten Werthe zu." Hierin ist auch der Satz „wird ein Theil eines geschlossenen Kreises durch einen Electrolyten gebildet, so wird derselbe zersetzt, sobald im Kreise überhaupt eine

16) Wiener Sitzungsber. 28. Febr. 1878 p. 12.
17) Poggend. Ann. CX. p. 62 (1853).
18) Ann. d. chim. et de phys. (3) LXVIII p. 461 (1863).

electromotorische Kraft thätig ist"[19]) schon als vollständig richtig anerkannt. Die Versuche des Herrn Exner bestätigen die eben ausgesprochenen Sätze in schlagendster Weise.

Ich habe den Satz von der Gleichheit der primären und secundären electromotorischen Kraft benutzt zur Prüfung der Methode, durch welche die Gesammtpolarisation eines Electrodenpaares gefunden wird durch die Summirung der an den beiden einzelnen Electroden auftretenden Polarisationen: einer Methode, welche Herr Exner unbedingt verwirft. Der Messapparat, dessen ich mich bediente, war ein Mascartsches Quadrantelectrometer von Carpentier in Paris. Die Ladung der Nadel geschah durch eine Zambonische Säule; die eine Hälfte der Quadranten war mit dem Erdboden und zugleich mit dem zweiten Pole der Zambonischen Säule verbunden, die andere mit einem isolirt aufgehängten Drahte, durch den das zu messende Potential dem Electrometer zugeführt wurde. Die Ablesung geschah mittelst Spiegel, Fernrohr und Scala, welche in einer Entfernung von 2 Metern vom Electrometer aufgestellt war. Durch Vertauschung der Zambonischen Säule mit einer schwächeren konnte das Instrument mehr oder weniger empfindlich gemacht werden. Die Aufstellung war so geregelt, dass die beiderseitigen durch gleiche Potentiale veranlassten Ablenkungen nahezu gleich waren; Vorversuche hatten ferner gezeigt, dass die Ablenkungen den Potentialen direct proportional genommen werden durften. Die Scala konnte in ihrer Lage so verschoben werden, dass ihr Nullpunkt vor jeder Ablesung genau mit dem Fadenkreuz zusammenfiel. Kehrte nach vollendeter Ablesung und nach hergestelltem Schlusse zwischen den beiden Quadrantenpaaren die Nadel nicht auf den Nullpunkt zurück, so wurde

19) Wiener Sitzungsber. 9. Mai 1878. p. 24.

die Beobachtung verworfen, denn die Annahme eines mittleren Nullpunktes ist wohl da erlaubt, wo die Verschiebung desselben durch Kräfte geschieht, welche während kurzer Zeiten als periodisch veränderlich angesehen werden dürfen, z. B. durch eine magnetische Directionskraft, nicht aber wenn die Veränderungen rein zufällig sind, z. B. wenn sie durch kleine Verschiebungen in der Bifilaraufhängung veranlasst sind. In der Regel war der Rückgang ein sehr vollständiger. Störungen im Gange des Instrumentes traten nur selten ein und konnten dann leicht beseitigt werden. Unter günstigen Umständen war der Ausschlag, welchen ein Daniellelement hervorbrachte = 140 mm. Ich werde im Folgenden die Ausschläge nicht selbst angeben, sondern dieselben mit Zugrundlegung des jedesmal beobachteten Ausschlages, den ein Daniellelement erzeugte, auf dessen electromotorische Kraft = D reduciren.

Die Messmethode, deren ich mich bediente, ist die von Herrn Fuchs[20]) angegebene. Die electrolysirende Säule a (Fig. 1) wird mit den beiden Electroden e und e_1 verbunden, welche sich in getrennten Gefässen befinden. Die Gefässe sind durch ein Heberohr mit einander verbunden, dessen Enden durch Pergamentpapier geschlossen sind. Durch mit destillirtem Wasser gefüllte, ebenso geschlossene Heberrohre stehen sie mit den ebenfalls mit Wasser gefüllten Gefässen w und w_1 in Verbindung. In dem Gefässe z befindet sich eine amalgamirte Zinkplatte in concentrirter Zinkvitriollösung. Diese Platte und die Lösung werden nach Bedürfniss durch andere Platten und Lösungen ersetzt. Wird nun die Flüssigkeit in z durch ein wieder mit Wasser gefülltes Rohr mit w verbunden und gleichzeitig e leitend mit dem Erdboden B, die Zinkplatte dagegen mit dem Electrometer E in Verbindung gebracht, so wird die Polarisation der

---

20) Poggend. Ann. CLVI. p. 156 (1875).

Electrode e allein und zwar während der Dauer des electrolysirenden Stromes gemessen; ebenso wird die Polarisation von e_1 allein gemessen, wenn das Wasserrohr von z nach w_1 gelegt und e_1 leitend mit dem Erdboden verbunden wird Die Summe der beiden Polarisationen stellt nach bisheriger Ansicht die Gesammtpolarisation dar. Die Anordnung des Apparates sichert wohl vor dem Einwande, dass ein Zweig des zwischen e und e_1 circulirenden Stromes die electrometrische Messung stören könne. Bei den nächsten Versuchen befanden sich in e und e_1 und dem verbindenden Rohre immer dieselben Flüssigkeiten und waren die beiden Electroden an Substanz, Grösse und Gestalt einander so gleich als möglich. Um die Gesammtpolarisation zu finden ist es garnicht nöthig, die vor dem Eintritt der Polarisation vorhanden gewesene Spannungsdifferenz zwischen dem in z befindlichen Metalle und dem Metalle der Electroden zu kennen. Bestehen die Electroden aus Platin, welche in verdünnte Schwefelsäure taucht und nennen wir abgekürzt die ursprüngliche Spannungsdifferenz zwischen Zink in Zinkvitriollösung und Platin in verdünnter Schwefelsäure Zn | Pt, die Spannungsdifferenz zwischen Zink und durch Sauerstoff polarisirtes Platin Zn | Pt_0 und zwischen Zink und durch Wasserstoff polarisirtes Platin Zn | Pt_H, so ist die Gesammtpolarisation $Pt_0 \mid Pt_H = Zn \mid Pt_0 - Zn \mid Pt_H$, so dass der Werth Zn | Pt ganz ausser Betrachtung bleibt. Das ist, wenigstens zunächst, sehr wünschenswerth, denn wie dieser wahre Werth zu bestimmen ist, ist auch streitig. Die für die Versuche angewandten Platinplatten und Drähte wurden zuerst in Salpetersäure, dann in Wasser ausgekocht, ausgeglüht und dann in der verdünnten Schwefelsäure, welche als Electrolyt diente, ausgekocht. Die benutzten Kohlen waren Stäbe von Gaudouin in Paris von ausserordentlich gleichmässiger Structur und Reinheit. Sie wurden ebenfalls zuerst in Salpetersäure, dann in Wasser und zuletzt

in der verdünnten Säure, in der sie als Electroden dienen sollten, ausgekocht. Als primäre Kette diente bald ein Daniell-, bald ein Groveelement. Die electromotorische Kraft derselben wurde vor und nach dem Versuche gemessen und der Mittelwerth als der richtige angenommen.

In der folgenden Tabelle enthält die Spalte:

„Electroden“ die Angabe über die in e und e_1 eintauchenden Platten, Drähte oder Stäbe,

„Flüssigkeit“ die in e und e_1 und dem Verbindungsrohre enthaltene Flüssigkeit und zwar entweder H_2SO_4 = verdünnte Schwefelsäure (1 : 20), oder HCl = verdünnte Salzsäure (1 : 10),

„Stromquelle“ enthält die Angabe des zersetzenden Elementes,

„a“ die electromotorische Kraft desselben für 1 D = 1,

„z“ das im Gefässe z befindliche Metall und die Flüssigkeit in welche es taucht, die Lösungen jedesmal gesättigt genommen,

„p“ giebt die Polarisationen an, welche stattgefunden haben,

„e“ und „e_1“, die Spannungsdifferenzen zwischen z einerseits und e oder e_1 andrerseits, also die Werthe $Zn \mid Pt_0$, $Zn \mid Pt_H$ u. s. w. und endlich

„a_1“ die electromotorische Kraft dieser Polarisation, d. h. die Differenz $e - e_1$.

Electroden	Flüssigkeit	Stromquelle	a	z	p	e	e_1	a_1
Kohlenstäbe	H Cl	1 Daniell	1,00	C | H Cl	C_{Cl} | C_H	0,44	— 0,56	1,00
do.	do.	do.	1,00	Zn | Zn SO_4	C_{Cl} | C_H	1,65	0,66	0,99
do.	do.	do.	1,00	Cu | Cu SO_4	C_{Cl} | C_H	0,65	— 0,35	1,00
do.	do.	do.	1,00	Ag | Ag NO_3	C_{Cl} | C_H	0,35	— 0,64	0,99
do.	do.	1 Grove	1,64	Zn | Zn SO_4	C_{Cl} | C_H	1,90	0,31	1,59
do.	H_2SO_4	1 Daniell	1,00	Zn | Zn SO_4	C_0 | C_H	1,77	0,80	0,97
Platinplatten	do.	do.	1,00	Zn | Zn SO_4	Pt_0 | Pt_H	1,99	1,00	0,99
do.	do.	1 Grove	1,67	Zn | Zn SO_4	Pt_0 | Pt_H	2,16	0,52	1,64
Wallastonel:	do.	1 Daniell	1,00	Zn | Zn SO_4	Pt_0 | Pt_H	2,01	1,04	0,97
do.	do.	1 Grove	1,69	Zn | Zn SO_4	Pt_0 | Pt_H	2,31	0,71	1,60
Platinplatten	do.	1 Grove	1,69	Cu | Cu SO_4	Pt_0 | Pt_H	1,29	— 0,34	1,63

Diese Zahlen können keinen Zweifel darüber lassen, dass die Methode der getrennten Bestimmung der Polarisationen an den einzelnen Electroden ebenfalls zum Zwecke führt. Von vorn herein verdient sie sogar den Vorzug vor der Methode der Wippe, weil bei letzterer vorausgesetzt wird, dass während der Zeit des Umlegens der Wippe die Polarisation nur unmerklich abnimmt. Die Uebereinstimmung zwischen den nach beiden Methoden erhaltenen Resultaten scheint aber diese Annahme wirklich zu rechtfertigen. Ich habe die Methode der getrennten Messung vielfach angewandt; da es aber hier nicht meine Absicht ist, neue Angaben über Polarisationsgrössen beizubringen, so will ich nur Einiges beiläufig erwähnen. Man kann den Einfluss der Stromdichte auf die einzelnen Electroden sehr gut erkennen: als zur Zersetzung von verdünnter Schwefelsäure durch ein Groveelement von der Kraft a = 1,66 D eine Plattinplatte von 30 q. cm. einseitiger Oberfläche und ein dünner Platindraht angewandt wurden, war die Gesammtpolarisation a_1 immer = 1,60 D, die Platte mochte als Anode oder als Kathode dienen. Die Einzelpolarisationen waren aber in beiden Fällen verschieden. Wurde der Sauerstoff an der Platte entwickelt, so war e = 2,12 und e_1 = 0,52; wurde aber der Sauerstoff am Draht entwickelt, so war e = 2,32 und e_1 = 0,70. Im letzteren Falle war die Entwicklung von Wasserstoffsuperoxyd eine reichlichere gewesen.

Wurde die Electrolyse durch Ströme von grösserer Intensität und grösserer electromotorischer Kraft bewirkt, so ergaben sich die Maximalwerthe der Gesammtpolarisation ungefähr in derselben Höhe, wie sie Herr Exner mittelst der Wippe fand. Ueber 2,13 D fand ich dieselbe zwischen Platinplatten von 3 q. cm. einseitiger Oberfläche in verdünnter Schwefelsäure nicht, solange die Platten in getrennte Gefässe tauchten. Standen beide Platten in demselben Ge-

fässe, so erhielt ich auch jetzt den Maximalwerth 2,3 D, wie er durch ältere Messungen gewöhnlich gefunden wurde. Auch Herr Tait[21]) hat mittelst des Quadrantelectrometers und der Wippe bei Anwendung einer zersetzenden Batterie von acht Groveelementen denselben Werth gefunden, während er, übereinstimmend mit mir, die durch ein Groveelement erzeugte Polarisation = 1,64 D angiebt.

Ich komme nun zu der Frage: was hat man sich unter einer einseitigen Polarisation zu denken? Die Antwort darauf habe ich schon oben angeführt; soweit die Jonen gasförmige Körper sind, habe ich die durch sie hervorgebrachte electromotorische Erregung beschränkt auf ihren condensirten, absorbirten oder occludirten Zustand. Dass es hierbei nicht gleichgiltig ist, aus welchem Electrolyten die Gase entwickelt werden, wie Herr Exner bemerkt, ist gewiss richtig. Wir wissen ja auch, z. B. durch die gleichfalls mit dem Quadrantelectrometer ausgeführten Versuche von Peirce[22]), dass die electromotorischen Kräfte der Gase sich mit der angewandten Leitungsflüssigkeit ändern. Zu dieser, durch die sogenannte electromotorische Kraft der Gase hervorgebrachten Polarisation kommen indess noch eine ganze Reihe von Veränderungen sowohl der Electroden selbst, als der Umgebung derselben, die ich bei einer frühern Gelegenheit schon angedeutet habe.[23]) Manche dieser Veränderungen pflegte man sonst kaum mit dem Namen „Polarisation" zu belegen: z. B. lässt sich bei der Zersetzung von Kupfervitriol zwischen Platinelectroden dieser Begriff im älteren Sinne nur auf die Anode anwenden, während die Kathode, die sich mit Kupfer bedeckt, einfach zu einem

21) Phil. Mag. (4) XXXVIII. p. 246 (1869). Durch ein Versehen steht bei Citirung dieser Arbeit in meiner Abhandlung Wiedem. Ann. V. p. 8 und Münch. Sitzungsber. 1878 p. 147: Graham statt Tait.

22) Wiedem. Ann. VIII. p. 98. (1879).

23) Poggend. Ann. XCIV. p. 204 (1855).

anderen Metalle wird. Es soll also auch hier nur von der Wirkung der ursprünglich gasförmigen Jonen die Rede sein.

Herr Exner sagt darüber[24]: „Es ist eine bekannte Thatsache, dass eine reine Platinplatte und eine mit Wasserstoff beladene einander in Wasser gegenübergestellt, einen Polarisationsstrom liefern; . . . . . es ist ein solcher aber niemals beobachtet worden; der Strom, von dem ich oben als von einer Thatsache sprach, ist immer nur in gewöhnlichem Wasser beobachtet worden und ich ziehe es keinen Moment in Zweifel, dass derselbe seinen Ursprung der Oxydation des Wasserstoffs durch im Wasser gelösten Sauerstoff verdankt." Dieser Satz ist ebensoschwer zu beweisen, wie zu widerlegen. Die Beobachter, welche sich mit der electromotorischen Kraft der Gase beschäftigt haben, sind doch wohl nicht ganz so nachlässig gewesen, wie Herr Exner meint. In der Beschreibung unserer Versuche ist überall darauf hingewiesen, dass die Leitungsflüssigkeit von Luft durch Auskochen befreit wurde, also kein „gewöhnliches" Wasser war. Aber freilich, ganz luftfrei ist das Wasser dadurch nicht geworden. Ich habe jetzt folgenden Versuch angestellt: In die beiden Schenkel eines V förmig gebogenen Glasrohres wurden zwei Platindrähte eingeschmelzt. In der Convexfläche der Biegung des Rohres befand sich eine Oeffnung. Die Drähte wurden durch Abkochen in Salpetersäure, Wasser und verdünnter Schwefelsäure gereinigt, auf die gewöhnliche Weise platinirt, zur Entfernung etwa aufgenommenen Wasserstoffs als Anoden benutzt und abermals in verdünnter Schwefelsäure abgekocht. Nun wurde das Rohr ganz in verdünnte Schwefelsäure gelegt, die es vollkommen füllte; die Säure wurde zum Sieden gebracht, wobei das Rohr so gelegt war, dass austretende Gase aus der Oeffnung entweichen mussten. Dann wurde das ganze

24) Wiener Sitzungsber. 11. Juli 1878 p. 43.

Gefäss mit Flüssigkeit und Rohr in den Recipienten einer Quecksilberluftpumpe gebracht, die Flüssigkeit durch Evacuiren längere Zeit im Sieden erhalten und endlich das Ganze zwei Tage lang im Vacuum gelassen. Sobald das Gefäss aus dem Vacuum genommen war, wurde der eine Schenkel mit electrolytisch entwickeltem Wasserstoff gefüllt und die Oeffnung sofort unter Wasser mit Baumwachs luftdicht verklebt. Nun wurde der eine Draht mit dem Erdboden, der andere mit dem Electrometer verbunden. Es zeigte sich eine Potentialdifferenz von 0,50 D. Nach 1 Minute war dieselbe auf 0,60, nach 5 Minuten auf 0,70 und nach 10 Minuten auf 0,82 D gestiegen, bei welcher Höhe sie nahezu constant war. Nach einer halben Stunde zeigte sich eine Abnahme der Differenz. Dieser Vorgang entspricht ganz dem zu erwartenden: das Platin brauchte eine Zeit, um Wasserstoff in sich aufzunehmen; dann aber war der Betrag der Spannungsdifferenz auch derselbe den früher ich (0,81 D) und neuerdings Peirce (0,807 D) gefunden haben. Allmählich vertheilt sich durch Diffussion Wasserstoff auch bis zum anderen Drahte, und damit muss die Potentialdifferenz abnehmen. Man kann gegen diesen Versuch wieder einwenden, die Luft sei eben doch noch nicht aus der Flüssigkeit und der Sauerstoff aus dem Platinschwamm entfernt gewesen. Mittel, das noch besser zu bewirken, sind mir nicht bekannt.

Der Einfluss der Luft, bezüglich des freien Sauerstoffs in der Leitungsflüssigkeit auf die Electricitätserregung in der Kette ist schon oft in Betracht gezogen worden und zwar ist derselbe bald als unmittelbar die Erregung fördernd, bald als die Polarisation vermindernd angesehen worden. Ich habe die Ergebnisse der älteren, lange Zeit vor de Fonvielle und Deherain (welche Herr Exner citirt) angestellten Beobachtungen von Biot und Cuvier, sowie der späteren von Adie und die von de la Rive darauf ge-

bauten Schlüsse zusammengestellt und dann aus meinen eigenen Versuchen den Schluss gezogen, dass der Sauerstoff nicht primär zur Stromerzeugung beitrage, sondern secundär durch Beseitigung des Wasserstoffs an der negativen Platte des Elementes.[25]) Herr Exner, der das Vorhandensein einer Spannungsdifferenz zwischen reinem und mit Wasserstoff bekleidetem Platin überhaupt nicht zugiebt, bestreitet natürlich auch den Vorgang der Depolarisation und damit auch die Erklärung, welche ich von der depolarisirenden Wirkung der Superoxyde gegeben habe.[26]) „In Wahrheit", sagt er, „wächst die electromotorische Kraft deshalb, weil der Wasserstoff wieder zu Wasser oxydirt wird."[27]) Dasselbe nehme ich doch selbstverständlich auch an; die ganze Depolarisation liegt in der Verhinderung des freien Auftretens von Wasserstoff und dies Auftreten ist eben dann verhindert, wenn sich derselbe mit dem vorhandenen Sauerstoff zu Wasser verbindet. Der Unterschied zwischen unseren Anschauungen besteht nur wieder darin, dass ich die durch die Depolarisation eingetretene Veränderung in der Potentialdifferenz in Betracht gezogen habe, Herr Exner aber die derselben äquivalente Veränderung im Wärmeprocesse. Dasselbe kann man ferner sagen von den Vorgängen in den bisher sogenannten inconstanten Ketten. Herr Exner berechnet die electromotorische Kraft eines in verdünnte Schwefelsäure tauchenden Zn | Pt paares aus der bei der Auflösung von Zink in verdünnter Schwefelsäure erzeugten und der bei der Zersetzung von Wasser verbrauchten Wärme[28]); sie muss nach dieser Berechnung = 0,732 D sein und in der That zeigt sich, dass ein derartiges Element, nachdem es einige Zeit geschlossen war, die Kraft 0,73 D annimmt.

25) Poggend. Ann. LXXIV. p. 381 (1848).
26) Poggend. Ann. CL. p. 535 (1873).
27) Wiener Sitzungsber. 11. Decemb. 1879. p. 18.
28) ebend. p. 3.

Hieraus schliesst nun Herr Exner, dass es gar keine inconstanten Elemente gebe, dass vielmehr die viel grösseren Anfangskräfte, welche an solchen Elementen beobachtet worden sind, dem Umstande zuzuschreiben waren, dass die Leitungsflüssigkeit Sauerstoff enthielt, der zur Verbrennung des Zinks verbraucht wird. Ist das geschehen, so tritt erst die wahre, dem chemischen Processe äquivalente electromotorischen Kraft auf, und diese ist eben 0,73 D. Ich kann mich mit der, sich hieran anschliessenden Erörterung nicht einverstanden erklären. Herr Exner meint nämlich, wenn, wie aus meinen Angaben hervorgehe, die durch Polarisation des Platins in einem Zn | Pt elemente erzeugte Gegenkraft = 0,81 D wäre, so müsste die effective Kraft desselben negativ sein, was eine Unmöglichkeit wäre. Gewiss wäre das eine Unmöglichkeit, aber der Vorgang ist ja auch ganz anders gedacht. Entweder ist die wahre electromotorische Kraft des Elementes = 0,73 D und die höher beobachtete nur der Wirkung des vorhandenen Sauerstoffs zu verdanken, oder die wahre Kraft ist eben jene hohe, welche erst durch die Wasserstoffpolarisation auf 0,73 D hinabgedrückt wird. Im ersteren Falle hat der Sauerstoff, solange er noch vorhanden ist, dazu gedient, von der im Elemente erzeugten Wärmemenge nicht soviel wieder verbrauchen zu lassen, wie nachher verbraucht wird, wenn der Sauerstoff erschöpft ist; im zweiten Falle hat sich die Spannungsdifferenz PtH | Pt von der Zn | Pt subtrahirt, nicht von 0,73 D, sondern von der beobachteten Anfangskraft; das numerische Resultat muss aber beidemal dasselbe bleiben. Um dies zu prüfen, lege ich die von mir vor einunddreissig Jahren gefundenen Zahlen zu Grunde, wie sie von Wiedemann auf die Danielleinheit überrechnet angegeben sind.[29]) Hienach ist die electromotorische Kraft Zn | Pt = 1,539 D, die Kraft

29) Wiedemann. Galvanismus (2) I p. 384 und 407.

PtH | Pt = ·0,814 D, also die Differenz = 0,725 D. Wird das Niederschlagen von Zink auf die Platinplatte vermieden, so kommt auch nach meinen Versuchen die electromotorische Kraft der Zinkplatinkette nicht weiter herunter und da 0,73 D die der Auflösungswärme des Zinks entsprechende electromotorische Kraft ist, so scheint es in der That, als sei diese Wärme das einzige Maass, bezüglich die einzige Quelle der Kraft nicht nur der sogenannten inconstanten Zinkplatinketten, sondern aller solcher Elemente, in denen das positive Metall Zink, das negative irgend ein anderes ist, das dann lediglich die Rolle eines Leiters zu spielen hat, an der Erregung der Electricität aber garkeinen Antheil nimmt. Die Versuche, welche Herr Exner mit einer Zinkkupferkette angestellt hat, die ebenfalls genau die electromotorische Kraft 0,73 D zeigte, haben diese Anschauung bestätigt.

Hier weichen nun aber meine Erfahrungen von denen des Herrn Exner ab. Ich führte eine Reihe von Messungen aus, bei denen eine amalgamirte Zinkplatte in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure tauchte. Durch ein weites, unten geschlossenes Heberrohr war dieses Gefäss mit einem zweiten verbunden, das dieselbe Flüssigkeit enthielt, und in welches abwechselnd eine frisch gereinigte Platinplatte und eine ebenfalls frisch gereinigte Kupferplatte getaucht wurde. Im letzten Versuch war das Kupfer galvanoplastisch niedergeschlagen. Die Platten waren 1 cm breit und tauchten 4 cm tief in die Flüssigkeit. Die beobachteten electromotorischen Kräfte waren:

	Zinkplatin			Zinkkupfer		
	offen	geschlossen	p	offen	geschlossen	p
	1,51	0,72	0,79	0,99	0,45	0,54
	1,49	0,71	0,78	0,99	0,46	0,53
	1,50	0,71	0,79	0,99	0,44	0,55
	1,56	0,73	0,83	0,95	0,47	0,54
Mittel	1,52	0,72	0,80	0,98	0,46	0,54

Die in der Spalte „geschlossen" stehenden Zahlen wurden beobachtet, wenn das Element 3 Minuten lang geschlossen gewesen war. Bei diesem kurzen Schlusse war an ein Ueberwandern des Zinks noch nicht zu denken. Der dritte und vierte Versuch wurden ausserdem mit ganz neuen Säuren ausgeführt. Ich vermuthete, dass der Grund, weshalb ich die Kraft Zn | Cu kleiner gefunden hatte, als die Zn | Pt, in einer Oxydation des Kupfers durch directen Angriff zu suchen sei und ersetzte deshalb die Kupferplatte durch eine Silberplatte, bei welcher eine solche Befürchtung ausgeschlossen ist. Die Messungen ergaben:

Zinksilber

	offen	geschlossen	p
	1,26	0,51	0,75
	1,27	0,54	0,73
	1,20	0,52	0,68
	1,21	0,49	0,72
Mittel	1,23	0,51	0,72

Also auch das Zinksilberelement geht in seiner Kraft weiter hinab, als das Zinkplatinelement.

Um in der Wahl des negativen Metalles noch grösseren Spielraum zu gewinnen, wählte ich als positives statt des Zinks Natrium. In ein poröses Thongefäss wurde ein dicker Brei von Natriumamalgam gebracht, in welchen ein Platindraht tauchte. Die übrige Zusammenstellung war dieselbe wie zuvor und es konnten nun als negative Metalle Platten von Platin, Silber, Kupfer oder amalgamirtem Zink angewandt werden. Gefunden wurde:

	Natriumplatin			Natriumsilber		
	offen	geschlossen	p	offen	geschlossen	p
	2,41	1,37	1,04	2,04	1,20	0,84
	2,31	1,34	0,97	2,16	1,30	0,86
	2,25	1,30	0,95	2,00	1,18	0,82
	2,28	1,32	0,96	2,02	1,21	0,84
Mittel	2,31	1,33	0,98	2,05	1,22	0,83

	Natriumkupfer			Natriumzink		
	offen	geschlossen	p	offen	geschlossen	p
	1,74	1,12	0,62	0,77	0,66	0,11
	1,86	1,21	0,65	0,77	0,67	0,10
	1,77	1,09	0,66	0,78	0,70	0,08
	1,79	1,14	0,65	0,82	0,70	0,12
Mittel	1,79	1,14	0,65	0,78	0,68	0,10

Vergleicht man die Kräfte, welche an den mit Zink construirten Elementen gefunden wurden mit denen der zugehörigen Natriumelemente, so findet man das auf Combinationen von Metallen mit Flüssigkeiten ausgedehnte Gesetz der Spannungsreihe bestätigt. Die oben gefundenen Mittelwerthe sind nämlich für die Combinationen

		Pt	Ag	Cu	
offen	Na	2,31	2,05	1,79	
	Zn	1,52	1,23	0,98	
	Na | Zn =	0,79	0,82	0,81	gefunden 0.78
geschlossen	Na	1,33	1,22	1,14	
	Zn	0,72	0,51	0,46	
	Na | Zn	0,61	0,71	0,68	gefunden 0,68

Der Unterschied zwischen den electromotorischen Kräften eines geschlossenen Natriumplatin- und eines geschlossenen Natriumzinkelementes sind so gross, dass an einen zufälligen Grund der Abweichung gar nicht gedacht werden kann. Dagegen ist das in Rede stehende Beispiel ganz dazu geeignet, die Frage zu erörtern, ob nicht durch Oxydation auch der negativen Platte die geringere electromotorische Kraft sich erklären lasse. Wenn sich nämlich nicht nur das Natrium, sondern auch das Zink in der verdünnten Schwefelsäure auflöst, so kommt zur Berechnung der electromotorischen Kraft des Elementes nicht nur die Auflösungswärme des Natriums, sondern auch die des Zinks in Betracht. Ich amalgamirte zwei gleich grosse Zinkplatten

ganz gleichförmig und verband die eine in der angegebenen Weise mit Natriumamalgam zu einem Elemente, das ich 17 Stunden lang mit kleinem Widerstande geschlossen liess, während die andere Platte dieselbe Zeit hindurch in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure tauchte, ohne sich in irgend einem galvanischen Verbande zu befinden. Nach der angegebenen Zeit wurden die Flüssigkeiten aus der Umgebung beider Zinkplatten geprüft. Die in der Kette gestandene Flüssigkeit zeigte mit Ammoniak übersättigt und mit Schwefelammonium versetzt kaum eine Spur einer Trübung, die andere gab einen dicken Niederschlag von Schwefelzink. Eine Wiederholung des Versuches ergab das gleiche Resultat. Nur wenn Zinkplatte und Natriumamalgam sich nahe bei einander in demselben Gefässe befanden, wurde auch das Zink in der Kette angegriffen; die Säure hatte sich dabei lebhaft erhitzt. Es ist also nachgewiesen, dass auch das Zink, wenn es die Rolle des negativen Mettalles in der Kette spielt, von verdünnter Schwefelsäure nicht angegriffen wird, oder, um den sonst üblichen Ausdruck zu gebrauchen, dass es durch seine Verbindung mit einem positiveren Metalle vor Angriff geschützt wird. Demnach ist in dem Verhalten des Zinks und des Platins dem Natrium gegenüber ebensowenig ein Unterschied zu vermuthen, wie in dem des Silbers und Kupfers. Alle sollten nur die Rolle von Leitern spielen und die electromotorische Kraft des Natriumzinkelementes berechnete sich ganz ebenso, wie die des Natriumplatinelementes. Ich bin hiernach ganz ausser Stande, die grossen Unterschiede, welche ich gefunden habe, anders zu erklären, als man es bisher gethan hat: mit Rücksicht auf die verschiedenen Rollen, welche dem negativen Metalle selbst zugewiesen sind.

Ich habe meinen vorstehenden Tabellen noch eine Spalte „p" beigefügt. Dieselbe gibt jedesmal die Differenz der zwei kurz hintereinander beobachteten Werthe für die

electromotorische Kraft der offenen und der geschlossenen Elemente, d. h. nach der hergebrachten Ansicht die Werthe der Polarisation der negativen Platte durch Wasserstoff. Beim stärkeren Natriumplatinelement ist sie stärker als beim schwächeren Zinkplatinelement, am Platin ist sie stärker, als am Silber, am Kupfer oder gar am Zink. Wurden die Elemente nach dem Schlusse geöffnet, so stellte sich die ursprüngliche electromotorische Kraft bei den Silber-, Kupfer- und Zinkelementen sehr bald, bei den Platinelementen nur ganz langsam wieder her. Während z. B. ein Natriumzinkelement offen die Kraft 0,77 D, geschlossen 0,66 D hatte, zeigte es nach einer Oeffnung von $^1/_2$ Minute schon wieder 0,76 D. Ein Natriumplatinelement, das offen die Kraft 2,25, geschlossen 1,30 D hatte, war in $^1/_2$ Minute nur bis 1,53, in 3 Minuten nur bis 1,55 D in die Höhe gekommen, nach älterer Anschauung deswegen, weil das Platin Wasserstoff occludirt enthielt, die anderen Metalle nicht. Man kann indess die Occlusion des Wasserstoffe auch zugeben, ohne dessen polarisirende Kraft anzuerkennen. Die verschiedene Geschwindigkeit, in der sich die Elemente erholen, wäre dann so zu deuten, dass an den anderen Metallen, die keinen Wasserstoff occludiren, der aus der Luft in die Flüssigkeit eintretende Sauerstoff sich eher merklich mache, als am Platin.

Nach den gewonnenen Resultaten fragt es sich nun weiter, ob nicht der Begriff einer Polarisation als einer selbstständig und zwar an den einzelnen Platten auftretenden electromotorischen Kraft doch aufrecht erhalten werden dürfe. Nach Herrn Exner hat sie „gar keinen Sinn.“ Er verwirft die Messung der an den einzelnen Platten auftretenden Polarisation auf das Bestimmteste. „Das Vorstehende“ sagt er[30]) genügt auch zur Characterisir-

30) Wiener Sitzungsber. 11. Juli 1878 p. 44.

ung der so oft angewendeten Methode zur Bestimmung der Polarisation in nur einem Gase, z. B. des Platins in Wasserstoff dadurch, dass der Sauerstoff zur Oxydation der zweiten Electrode verwendet wird; es ist für den Werth der Polarisation aber keineswegs gleichgiltig, welches Metall oxydirt, respective bei Bildung der Polarisation wieder reducirt wird." Ich kann nicht finden dass Herr Exner sich von der Richtigkeit dieses Satzes auf experimentellem Wege überzeugt hat; es scheint nicht so. Da der Satz für die ganze Annahme einer selbstständigen Polarisation ein fundamentaler ist, so schien mir doch die Anstellung einer Probe dringend nothwendig. Die folgenden Versuchsreihen, welche diese Probe zu liefern bestimmt sind, unterscheiden sich von den früher beschriebenen dadurch, dass in den Stromkreis zwei Zersetzungsapparate hintereinander eingeschaltet wurden, und dass die zu einem Zersetzungsapparate gehörigen Electroden nicht immer einander gleich waren. Der eine Apparat ist aus den Zellen e und e_1 (Fig. 2), der andere aus ε und ε_1 zusammengesetzt. Die Heberröhren, welche die beiden zueinandergehörigen Gefässe verbinden, waren immer mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Die Electroden waren bald amalgamirtes Zink in concentrirter Zinkvitriollösung, bald Kupfer in concentrirter Kupfervitriollösung, bald Silber in Silbernitratlösung, bald Platin in verdünnter Schwefelsäure. Die Gefässe e und e_1, ε und ε_1 waren durch Wasserröhren mit den Wassergefässen w_1, w_2, w_3 und w_4 verbunden. Sollte nun die Polarisation einer der vier gleichzeitig angewandten Electroden gemessen werden, z. B. die von e, so wurde das zugehörige Gefäss w_1 durch ein Wasserrohr mit dem Gefässe z verbunden, das wiederum amalgamirtes Zink in Zinkvitriollösung enthielt, ferner wurde die Verbindung zwischen der betreffenden Electrode e und dem Erdboden B und die Verbindung von

z mit dem Electrometer E hergestellt. Es war nun leicht die Polarisation aller vier Electroden nach einander zu messen.

In den folgenden Tabellen sind zuerst die Potentialdifferenzen zwischen der Normalzelle z und den vier der Reihe nach eingeschalteten Electroden angegeben, gemessen bevor der Stromkreis geschlossen war und kurz bezeichnet durch z | Zn, z | Cu, z | Ag, z | Pt, je nachdem e, e_1, ε, ε_1 eine der oben angegebenen Combinationen enthielten. Die für diese Versuche benutzten Platinplatten waren nach der Reinigung mit Säuren ausgeglüht, aber nicht als Anoden angewandt worden. In der zweiten Zeile stehen dann die zugehörigen Potentialdifferenzen, gemessen während der Strom geschlossen war und bezeichnet durch z | Zn_0, z | Cu_0, z | Ag_0, z | Pt_0, wenn die betreffende Electrode mit dem Sauerstoffpol, durch z | Zn_H u. s. w., wenn sie mit dem Wasserstoffpol verbunden war. Die dritte Zeile endlich enthält die Potentialdifferenzen zwischen der reinen Electrode und der polarisirten, also Zn | Zn_0, Cu | Cu_0 u. s. w. d. h. diejenigen Grössen, welche gefunden werden sollten. Die beiden zuerst genannten Electroden bilden immer den ersten Zersetzungsapparat ee_1, die beiden letzten den zweiten $\varepsilon\varepsilon_1$. Alle Zahlen sind auf D=1 bezogen.

I. 4 Grove. Electroden: Zn | Pt und Cu | Pt.

z | Zn	−0,07	z | Pt	1,51	z | Cu	0,98	z | Pt	1,49
z | Zn_H	−0,08	z | Pt_0	2,59	z | Cu_H	0,95	z | Pt_0	2,57
Zn | Zn_H	−0,01	Pt | Pt_0	**1,08**	Cu | Cu_H	−0,03	Pt | Pt_0	**1,08**

II. 4 Grove. Electroden: Zn | Pt und Pt | Pt.

z | Zn	−0,06	z | Pt	1,41	z | Pt	1,41	z | Pt	1,41
z | Zn_H	−0,07	z | Pt_0	2,39	z | Pt_H	0,44	z | Pt_0	2,39
Zn | Zn_H	−0,01	Pt | Pt_0	**0,98**	Pt | Pt_H	−0,97	Pt | Pt_0	**0,98**

III. 3 Grove. Electroden: Zn | Pt und Cu | Pt.

z | Zn	0,02	z | Pt	1,44	z | Cu	1,00	z | Pt	1,43
z | Zn_0	0,03	z | Pt_H	0,58	z | Cu_0	1,02	z | Pt_H	0,57
Zn | Zn_0	0,01	Pt | Pt_H	−0,86	Cu | Cu_0	0,02	Pt | Pt_H	−0,86

IV. 3 Grove. Electroden: Zn | Pt und Ag | Pt.

z | Zn	0,02	z | Pt	1,42	z | Ag	1,35	z | Pt	1,40
z | Zn_0	0,04	z | Pt_H	0,57	z | Ag_0	1,36	z | Pt_H	0,58
Zn | Zn_0	0,02	Pt | Pt_H	−0,85	Ag | Ag_0	0,01	Pt | Pt_H	−0,82

V. 4 Grove. Electroden: Zn | Pt und Pt | Pt.

z | Pt	1,35	z | Pt	1,35
z | Pt_H	0,49	z | Pt_H	0,40
Pt | Pt_H	− 0,86	Pt | Pt_H	− 0,86

VI. Dieselbe Combination.

z | Pt	1,35	z | Pt	1,35
z | Pt_0	2,36	z | Pt_0	2,37
Pt | Pt_0	1,01	Pt | Pt_0	1,02

Aus dieser Tabelle ist Folgendes ersichtlich: In einem jeden Strom, also bei gleichbleibender Intensität und gleichbleibender electromotorischer Kraft, ist die Polarisation zweier Platinplatten vollständig die gleiche, denselben mag als andere Electrode wieder eine Platinplatte in verdünnter Schwefelsäure, eine Zinkplatte in Zinkvitriollösung, eine Kupferplatte in Kupfervitriollösung oder eine Silberplatte in Silbernitratlösung gegenüberstehen und zwar gilt das sowohl für die Polarisation durch Sauerstoff, als für die durch Wasserstoff. Die erhaltenen Zahlen sind noch immer nicht Maximalwerthe besonders nicht in den Fällen, wo die primäre electromotorische Kraft durch die entgegengestzte Anordnung der Electroden geschwächt

wurde, sie fallen aber fast genau mit den von Gaugain[31]) gefundenen Zahlen zusammen.

Was die gleichzeitige Polarisation der gegenüberstehenden Platte von Zink, Kupfer oder Silber betrifft, so erweist sich dieselbe als äusserst gering. Ganz unpolarisirbar ist bei so starken Strömen natürlich auch das Zink nicht mehr, aber immerhin sind diese Polarisationen stets so schwach, dass nur ein äusserst unbedeutender Fehler gemacht worden ist, wenn in älteren Arbeiten nur die Polarisation der einen Electrode gemessen wurde, während man die der anderen ganz beseitigt glaubte. Ich bemerke auch noch, dass alle jene Messungen in eine Zeit fallen, in welcher die Angaben du Bois-Reymonds[32]), welche die geringe Zahl wirklich unpolarisirbarer Combinationen kennen lehrten, noch nicht vorhanden waren. Mag man jetzt die auftretenden Polarisationen definiren, wie man will; die Methode ist gerechtfertigt und die oben angeführten Resultate widersprechen bestimmt dem verwerfenden Urtheile des Herrn Exner. Ich glaube daher auch die verschiedenen Epitheta ornantia, mit welchem derselbe unsere Methode beehrt hat, als da sind „absurd", „vollkommen unrichtig", „ganz ohne Sinn" als nicht ganz wohl angebracht bezeichnen zu dürfen. Und wenn die Abschwächung der electromotorischen Kraft einer inconstanten Zinkplatinkette vorher zweideutig schien, so kann man wohl etwas Aehnliches von den eben mitgetheilten Versuchsergebnissen nicht sagen. Wollte man auch die Polarisation einer Platinplatte durch Wasserstoff wieder einer Beseitigung des Sauerstoffs zuschreiben, so sehe ich doch nicht, wie man etwas Analoges gegen die Polarisation einer Platinplatte durch Sauerstoff beibringen könnte, welche ebenfalls ganz gleich

---

31) Compt. rend. XLI. p. 1166 (1855).

32) Berl. Monatsb. 1859. p. 443.

gefunden wird, die gegenüberstehende Platte mag eine polarisirbare oder eine unpolarisirbare, sie mag Platin, Zink oder Kupfer sein. Ich muss danach den Begriff der Polarisation überhaupt, wie er bis jetzt allgemein gefasst wurde, auch jetzt noch aufrecht erhalten. Auch ist es eine nicht zu unterschätzende Stütze für die hergebrachte Anschauung, dass die auf dieselbe basirten ferneren Untersuchungen zu Resultaten geführt haben, die mit der Erfahrung vollständig übereinstimmen; ich erinnere nur an F. Kohlrauschs Untersuchungen über die electromotorische Kraft sehr dünner Gasschichten.[33])

Es kommt mir nicht in den Sinn, auf Grund der gewonnenen Resultaten den Kampf der Contacttheorie gegen die electrochemische wieder aufnehmen zu wollen. Ich würde das für ein sehr verkehrtes Beginnen halten. Ich weise lediglich die unter bestimmten Umständen vorhandenen Potentialdifferenzen nach und zweifele keinen Augenblick daran, dass dem Ausgleiche derselben, dem Strome, ein aequivalenter chemischer Vorgang und ein aequivalenter Wärmeprocess entsprechen wird. Und wenn wir durch die späteren Versuche des Herrn Exner[34]) erfahren, dass auch der voltasche Fundamentalversuch, der wohl von keinem Contacttheoretiker als ein in befriedigender Weise erklärter angesehen wird, sich auf einfache chemische Vorgänge reduciren lässt, so können auch dadurch die Grundanschauungen, welche seit Ohm unseren Vorstellungen vom Zustandekommen des Stromes zu Grunde liegen, nicht zerstört, sondern nur geklärt werden. Nur kann ich nicht zugeben, dass das vorliegende Material schon genüge, um die bekannten Erscheinungen des Galvanismus einfach als rein chemische Vorgänge darstellen zu können.

---

33) Poggend. Ann. CXLVIII. p. 143 (1872).

34) Wiener Sitzungsber. 17. Juli 1879.

Derselbe beschrieb einen

„Schlüssel für electrische Leitungen.“

Die Apparate, deren man sich zur schnellen Herstellung und Unterbrechung von Leitungen bei Arbeiten mit galvanischen Strömen zu bedienen pflegt, lassen sich ihrer unzureichenden Isolationsfähigkeit wegen nicht anwenden, wenn es sich um Messung electrischer Potentiale mittelst des Electrometers handelt. Ich bediene mich für diesen Fall eines Schlüssels von folgender Einrichtung.

Auf ein Fussbrett ist eine dicke Hartgummileiste gg (Fig. 3) festgeschraubt, welche drei Klemmschrauben a, b und c trägt. Mit a und c sind zwei starke Messingbögen m und n verbunden, deren freie Enden einander gerade gegenüber stehen. Mit b ist eine starke Messingfeder f verbunden, welche in ein dickeres Messingstück p ausläuft. Die Feder drückt in der Ruhelage p gegen m. Das Fussbrett trägt weiter eine Säule s, in welcher eine Welle w mittelst einer Handhabe drehbar ist, so dass sie, von unten her durch eine Mutter festgezogen, sich nur mit starker Reibung drehen kann. Auf die Welle ist eine seidene Schnur aufgewickelt, deren freies Ende an p befestigt ist. Windet man die Schnur mittelst der Handhabe auf, so legt sich p gegen n fest an, man kann also, ohne irgend welche störende Reibung im Apparate hervorzubringen, eine nach b hinführende Leitung nach Belieben nach a oder nach c hin weiter führen. Für die meisten Zwecke ist es wünschenswerth, zwei solche Schlüssel auf demselben Fussbrett befestigt zu haben.

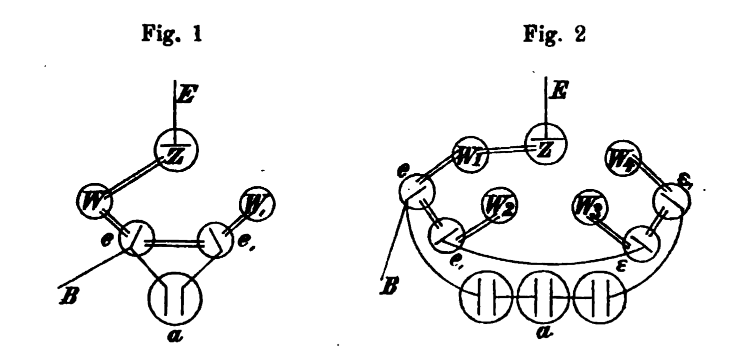
Ein paar Beispiele mögen die Anwendung dieses Schlüssels vergegenwärtigen:

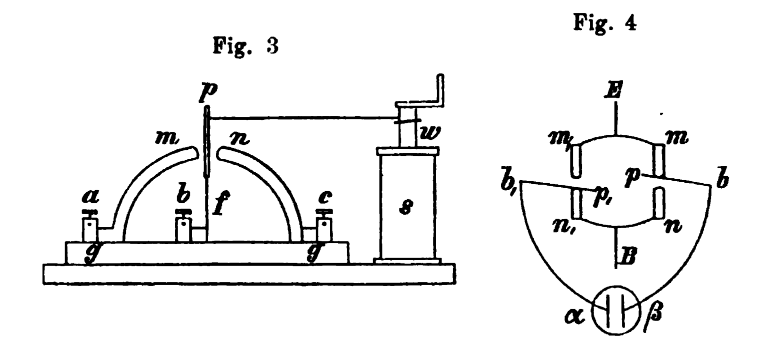
1) als Commutator, z. B. zur Prüfung der Aufstellung des Electrometers (Fig. 4). m und m_1 sind miteinander und mit dem Electrometer E verbunden, n und n_1 untereinander und mit dem Erdboden B. Vom Pol α geht eine Leitung zur Klemmschraube b_1, vom Pol β eine solche zu b. Zieht man p_1 gegen n_1 und lässt p gegen m drücken, so giebt das Electrometer den Ausschlag nach der einen Seite. Zieht man p gegen n und lässt p_1 gegen m_1 drücken, so muss es den gleichen Ausschlag nach der anderen Seite geben.

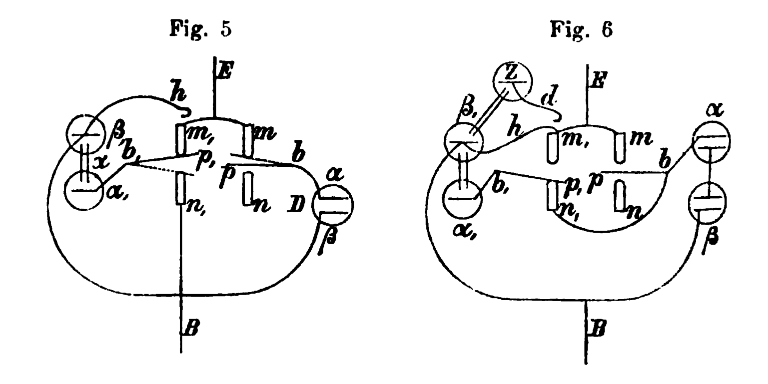
2) Es soll die electromotorische Kraft des Normalelementes D verglichen werden mit der eines anderen Elementes x und zwar a) so lange dieses geöffnet bleibt und b) nachdem es geschlossen gewesen ist. (Fig. 5) m und m_1 sind untereinander und mit dem Electrometer E, n_1 mit dem Erdboden B verbunden. Vom Pole α des Normalelementes führt eine Leitung nach b, vom Pole β eine zum Erdboden. Ebenso geht vom Pole α_1 eine Leitung nach b, von β_1 eine zum Erdboden. Die Platten p und p_1 stehen zunächst in den zwischen den Bögen m und n einerseits und m_1 und n_1 andererseits freibleibenden Räumen, ohne einen der Bögen zu berühren. Mit dem Erddraht (oder dem Pole β_1) ist endlich noch ein Draht h verbunden, den man an m_1 anhaken kann, um das Electrometer zu entladen. Soll nun die electromotorische Kraft von D gemessen werden, so hakt man den Draht h los und lässt durch Nachlassen der Schnur p gegen m drücken und dort festliegen bis die Ablesung gemacht ist. Dann entladet man das Electrometer nach Zurückziehen von p durch Festhaken von h. Soll die electromotorische Kraft des offenen Elementes x gemessen werden, so hakt man h los, lässt p_1 fest gegen m_1 anliegen und liest wieder ab. Soll endlich die electromotorische Kraft von x nach erfolgtem Stromschluss gemessen werden, so zieht man p_1 fest gegen n_1 und lässt, während h fest-

gehakt bleibt, den Stromschluss die gewünschte Zeit hindurch dauern, hebt dann h ab und lässt p_1 nur kurz gegen m_1 anschlagen, worauf man es sofort wieder gegen n_1 heranzieht um den Strom weiter geschlossen zu halten. Durch wiederholtes kurzes Loslassen der Schnur und kurzes Anschlagen von p_1 gegen m_1 erhält man schnell die verlangte Einstellung.

3) Es soll die Potentialdifferenz einer einzelnen polarisirten Electrode gegen eine andere gegebene Platte mit der electromotorischen Kraft der polarisirenden Batterie verglichen werden (Fig. 6). m und m_1 sind wieder untereinander und mit dem Electrometer verbunden. Weiter sind verbunden: b mit n_1 untereinander und mit einem Batteriepol α, der Pol β und die Electrode β_1 mit dem Erdboden, die Electrode α_1 mit der Klemmschraube b_1. Die neutrale Platte z, welche mit dem Zersetzungsapparat durch ein Wasserrohr verbunden ist, kann durch einen in einen Haken endigenden Draht d mit der Electrometerleitung in Verbindung gesetzt werden. Um die primäre electromotorische Kraft zu finden verfährt man wie vorher, d. h. nach Loshaken von h wird p gegen m angelegt. Darauf wird h wieder befestigt, p zurückgezogen und p_1 fest an n_1 herangezogen. Die Zersetzung geht nun im Voltameter vor sich. Soll dann die einseitige Messung der Polarisation während der Dauer des polarisirenden Stromes vorgenommen werden, so wird h losgehakt und an dessen Stelle der Haken d befestigt. Um die Potentialdifferenz zwischen der polarisirten und der unpolarisirten Electrode zu finden, muss selbstverständlich dieselbe Operation durchgemacht worden sein, bevor p_1 gegen n_1 angedrückt worden war.


Fig. 1
E
Z
W
W,
e
e,
B
a
Fig. 2
E
Z
W1
W2
W3
e
e,
ε
B
a


Fig. 3
p
m
n
w
a
b
c
f
s
g
g
Fig. 4
E
m,
m
b,
b
p
p,
n,
n
B
α
β


Fig. 5
E
h
β
b,
m,
m
x
p,
p
b
α,
n,
n
D
α
β
B
Fig. 6
Z
d
E
β,
h
m,
m
α
b
b,
p,
p
α,
n,
n
β
B

Herr C. W. Gümbel spricht über die vorgelegte Abhandlung:

„Petrographische Untersuchungen über die eocenen Thonschiefer der Glarner Alpen“ von Fr. Pfaff.

Zu den Eigenthümlichkeiten des Alpengebirges, welche längere Zeit die richtige Altersbestimmung gewisser Schichtensysteme desselben erschwerte, gehört auch das Vorkommen von mächtigen Thonschiefermassen von derselben Beschaffenheit, wie sie ausserhalb der Alpen nur in den älteren paläozoischen Formationen sich finden, während sie hier als ein Glied der eocenen Formation sich schliesslich zu erkennen gaben.

Wenn wir den Ausdruck gebrauchten „von derselben Beschaffenheit wie die älteren Thonschiefer“ so gründet sich derselbe zunächst nur auf die Untersuchung des Gesteines, soweit sie ohne besondere Hilfsmittel vorgenommen werden kann. Da aber eine solche naturgemäss uns keine genügende Auskunft über die Natur eines Gesteines geben kann und meines Wissens eine dem jetzigen Stande der Petrographie entsprechende genauere mikroskopische und chemische Untersuchung derselben noch nicht vorliegt, überhaupt die schiefrigen Gesteine noch nicht allzu häufig nach den neueren Methoden Gegenstand einer solchen geworden sind, so möchten die folgenden Mittheilungen über diese jüngeren Schiefer und Thonschiefer im Allgemeinen nicht ohne Interesse sein.

Das Material dazu wurde von mir vorigen Herbst theils in der Umgegend von Ragatz theils im oberen Sernftthale in der Gegend von Elm gesammelt.

Ohne näher auf die übrigen geologischen Verhältnisse dieser Schiefer einzugehen, wegen deren ich sowohl auf das Werk Heers, die Urwelt der Schweiz, als auch auf das von Heim, der Mechanismus der Gebirgsbildung, verweise, wende ich mich sofort zu einer Betrachtung der Beschaffenheit der Schiefer selbst.

Wie überall, wo sehr mächtige Schichtenreihen derselben ausgebildet sind, wechselt auch in diesem Gebiete das Aussehen und die Beschaffenheit der Schiefer nicht unbeträchtlich. Gewöhnlich gleichmässig grau oder schwärzlich erscheinend, werden sie oft ziemlich hell, bräunlich bis zu ganz lichtem Ockergelb und hie und da selbst streifig und fleckig. Ebenso wechselt ihre Härte; manche sind sehr weich, so dass sie sich sehr leicht sägen lassen, andre quarzreichere sind ziemlich hart und kaum mehr zu sägen. Auch in Beziehung auf die mehr oder weniger vollkommene Schieferung zeigen sich nicht unerhebliche Verschiedenheiten, von den feinsten, zu Schreib-Tafeln verwendeten, leicht in die dünnsten Blättchen spaltbaren bis zu ziemlich groben, leicht nur in dickere Platten zu theilen, die theils noch Dachschiefer, theils senkrecht neben einander gestellt dauerhafte Einzäunungen von Feldern und Wiesen liefern. Während die feinsten höchstens Glimmerschüppchen hie und da erkennen lassen, sonst aber vollkommen einfach dem blossen Auge erscheinen, kann man in den gröberen namentlich Quarzkörnchen und silberweiss glänzende bis 1 mm grosse Glimmerblättchen in grosser Anzahl unterscheiden. Stellenweise wird das Gestein dann so gleichmässig grobkörniger, dass man Handstücke desselben leicht als glimmerreichen sehr feinkörnigen Sandstein bezeichnen könnte. Eigenthümlich ist, dass hie und da mit ganz scharfen Grenzen

selbst in einzelnen Handstücken sowohl in vertikaler wie in horizontaler Richtung ganz feinschiefrige und grobkörnige sandsteinartige Lagen über und neben einander liegen und dabei so fest mit einander verbunden sind, dass man Dünnschliffe durch beide Gesteinsvarietäten zugleich gehend, sowohl in senkrechter wie in horizontaler, der Schieferung parallel gehender Richtung, anfertigen kann.

In manchen Lagen der Schiefer finden sich auch meist runde, kugelige oder ellipsoidische Knoten von 2—4 mm Durchmesser in grösserer Anzahl ein, meist ziemlich scharf gegen die sie rings umschliessende und sich ihnen anschmiegende, schiefrige Masse durch ihre weissliche Farbe abstechend. Nur sehr spärlich finden sich ähnliche Knoten im Innern aus Schwefelkies bestehend.

Der Mittheilung der mikroskopischen Untersuchung schicken wir zunächst Einiges über die chemische Zusammensetzung der Schiefer voraus.

Hervorzuheben ist hier vor Allem eine Eigenthümlichkeit dieser Schiefer, die sie vor anderen auszeichnet, nehmlich der bedeutende Gehalt an Kalkkarbonat. Derselbe schwankte in 4 verschiedenen von mir untersuchten Varietäten zwischen 17 und 32 pC. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass derselbe nicht von grösseren, in Spalten oder aderförmig vertheilten Anhäufungen an einzelnen Stellen herrührt, sondern ganz gleichmässig in sehr feinen Körnchen durch die Masse der Schiefer vertheilt ist, wie wohl die Schieferlager hie und da auf grosse Strecken sich hinziehende breitere Adern von Kalkspath oder Quarz an manchen Localitäten erkennen lassen.

Zieht man diesen fein vertheilten Kalk durch kalte Essigsäure aus, so bietet das zurückbleibende Schiefermehl hinsichtlich seiner Zusammensetzung kein von andern Thonschiefern abweichendes Verhalten dar, wie die folgende Analyse des feinen Tafelschiefers von Elm sofort erkennen

lässt, an der höchstens die geringe Menge von Kalkerde und Magnesia noch als eigenthümlich hervorzuheben wäre. Doch findet sich dies ebenso auch an älteren Thonschiefern, z. B. enthält der unter N. VII von Gümbel aufgeführte Schiefer der untern Kulmstufe vom Eisenberg bei Ludwigstadt nur 0,76 Kalk und Magnesia, der bekannte Dachschiefer von Lehesten in einer Varietät II nach Mäder nur 0,253 Kalk und keine Magnesia.[1]) Unter den von Rosenbusch untersuchten Elsässer Schiefern befinden sich ebenfalls mehrere, die sehr geringe Mengen von diesen Erden enthalten.

Eigenthümlich ist auch die nicht unerhebliche Menge von Kohlenstoff in den Tafelschiefern. In einer mit Flusssäure aufgeschlossenen Varietät betrug die Menge der zurückbleibenden unter dem Mikroskope nur als Kohlenstoff sich zu erkennen gebenden Masse 1,0 pC. Es zeigte sich aber bei der mikroskopischen Untersuchung, dass ein Theil dieser Masse als Graphit anzusehen ist, andrerseits machte es ein eigenthümlicher bei Behandlung des Schiefers mit Schwefelsäure sich bemerkbar machender Geruch, so wie das Bräunlichwerden einer Kalilösung mit Schieferpulver wahrscheinlich, dass wohl ein Theil der schwarzen Masse im Schiefer eine organische Verbindung sein müsse. Auf meinen Wunsch hatte Herr Professor Hilger die Güte, wie bei der Elementaranalyse organischer Körper den Schiefer, nachdem derselbe mit Essigsäure vom kohlensauren Kalke befreit war, in einem Strome von Sauerstoffgas in seinem Laboratorium verbrennen zu lassen. Aus der gebildeten Kohlensäure berechnete sich die Menge des Kohlenstoffs zu 1,67 pC. Die Gewichtszunahme des Chlorkalciumrohres ergab 9,52 Wasser, welches 1,19 pC. Wasserstoff enthält. Wie viel von diesem Wasser aus dem Schiefer als solches aus-

---

1) Gümbel, Geognost. Beschreib. des Fichtelgebirges S. 286 und S. 287.

getrieben wurde, und wie viel davon aus dem Wasserstoff einer Kohlenwasserstoffverbindung entstand, lässt sich nicht bestimmen. Doch dürfte von der letzteren nur wenig vorhanden sein, da die mikroskopische Untersuchung nirgends andre als ganz undurchsichtige schwarze Körnchen zeigt, die auch in den dünnsten Schliffen und im feinsten Pulver schwarz und undurchsichtig bleiben, während die nur wenig Wasserstoff enthaltende Steinkohle schon bräunlich durchscheinend bis durchsichtig im Dünnschliffe wird. Nur hie und da bemerkt man an diesen kohligen Massen, dass sie Licht in sehr geringer Menge auch etwas bräunlich hindurchgehen lassen.

Die weitere Analyse des Schiefers ergab nun folgende Zahlen:

Kieselsäure	56,97
Thonerde	15,64
Eisenoxyd	11,64
Kalkerde	1,16
Magnesia	Spuren
Kali	4,27
Natron	0,62
Kohlenstoff	1,67
Wasser	9,52
	101,49

Der Gehalt an Kalkkarbonat ist gerade bei diesem Tafelschiefer ein sehr hoher, nehmlich 32,16 pC.

Das Eisen ist jedenfalls zum Theil auch als Eisenoxydul vorhanden, doch wurde dasselbe nicht besonders quantitativ bestimmt. Mit Ausnahme des ungewöhnlich grossen Gehaltes an Kalkkarbonat bietet demnach dieser Schiefer durchaus keine Besonderheiten dar und verhält sich ganz wie die älteren Thonschiefer.

Wir wenden uns nun zu der mikroskopischen Unter-

suchung und deren Resultaten, und zwar wollen wir die beiden Hauptaufgaben, welche derselben erwachsen, gesondert betrachten, indem wir zuerst die mineralogische Zusammensetzung d. h. die Bestimmung, aus welchen Mineralsubstanzen die Schiefer zusammengesetzt sind, erörtern, und darauf die Frage, wie dieselben abgelagert und entstanden sein mögen.

Einige Bemerkungen über die Anfertigung der Präparate mögen hier gestattet sein, da sie vielleicht einem oder dem andern jüngeren Fachgenossen, der Schiefer zu untersuchen wünscht, nicht ganz ohne Nutzen sein dürften und die Frage, wie ein Präparat hergestellt wurde, für die Beurtheilung der aus ihrer Betrachtung gezogenen Schlüssen nicht ganz gleichgültig ist.

Schon Zirkel erwähnt in seiner auch von Gümbel a. a. O. S. 277 als meisterhaft erwähnten bahnbrechenden Arbeit über Thonschiefer, auf die wir noch öfters Bezug nehmen werden, die Schwierigkeit, ganz befriedigende Dünnschliffe von Schiefer herzustellen. Besonders gilt dieses von Schliffen, die senkrecht zur Schieferung angefertigt werden sollen. Parallel der Schieferung ist die Schwierigkeit nicht so erheblich, wenn es allerdings häufig vorkommt, dass man zuletzt hie und da, wenn man das Präparat recht dünn machen will, was bei den Thonschiefern besonders nöthig ist, Löcher in dasselbe schleift, doch ist es dann doch immer noch brauchbar. Von einem Uebertragen des geschliffenen Präparates wird man bei den Schiefern wohl immer absehen müssen.[1]) Wenn das Präparat so weit auf einer Eisenplatte

---

1) Um doch dabei die Objectträger unzerkratzt zu erhalten, benütze ich eine Eisenplatte, in welche 2 parallele Nuten so eingehobelt sind, dass zwischen ihnen ein Raum von 24 mm frei bleibt, auf dem geschliffen wird. Der Objectträger wird dann an seinen schmalen Seiten mit 2 schmalen Streifen feinen Papiers überklebt, die gleichsam Schutzleisten bilden, so dass das Präparat beim Schleifen ganz gleichmässig dünn

dünn geschliffen war, dass es anfing durchsichtig zu werden, setzte ich das Schleifen stets in der Art fort, dass ich mit einem dünnen Stahlplättchen, auf das zum Anfassen ein kleiner Kork aufgekittet war, oder mit einem ähnlichen Glasplättchen auf dem Schieferstückchen mit dem feinsten Schmirgel so leicht als möglich hin und herfuhr. Ist das Schieferstück gut auf den Objectträger aufgekittet, was von dem grössten Einflusse ist, so kann man auf diese Weise, allerdings mit etwas mehr Zeitaufwand, Präparate von sehr geringer Dicke herstellen, und was auch in vielen Fällen sehr vortheilhaft ist, etwas keilförmige. Man hat so an einem Rande, ich möchte sagen, fast nur noch ein Häutchen des Schiefers, und etwas dickere Stellen nach der entgegengesetzten Seite.

Nimmt man sehr feinen Schmirgel, so kann man auf diese Weise mit demselben die Präparate so schleifen, dass sie bei sehr schiefer Incidenz der Strahlen schon ziemlich spiegeln; namentlich bei Lampenbeleuchtung kann man dann das Vorhandensein auch der kleinsten Quarzkörnchen in dem noch unbedeckten Präparate erkennen, indem diese vollkommen polirt werden und wenn sie auch noch so klein sind, wie Brillanten funkeln.

Nach dem Schleifen wurde stets die Hälfte des Präparates mit Kanadabalsam überzogen und nachdem derselbe etwas fest geworden war, das Präparat in verdünnte Salzsäure gelegt, einige auch längere Zeit in concentrirte. Man kann so mit einem Blicke durch richtiges Einstellen des Präparates die Wirkungen der Salzsäure, das Verhalten des geätzten und des nicht geätzten Theiles übersehen.

Von allen Handstücken wurden Schliffe parallel und senkrecht zur Schieferung in dieser Weise hergestellt, da

werden muss und die Ränder nicht verkratzt werden können, da der Objectträger schliesslich an seinen beiden Enden mit dem Papiere auf der Eisenplatte neben den Nuten ruht.

die ersteren wohl über die vorhandenen Mineralien Aufschluss geben können, aber fast gar nichts über die Structurverhältnisse lehren.

Betrachtet man nun die wohl ausgebildeten Dach- und Tafelschiefer in Schliffen parallel der Schieferung, so bieten dieselben nichts von den älteren Schiefern abweichendes dar und die von Zirkel und Gümbel gegebenen Beschreibungen derselben passen auch für diese eocenen Schiefer. Eine von mir vorgenommene Vergleichung dieser mit Präparaten, die ich von Schiefern aus Caub darstellte, ergab so wenig Verschiedenheit, dass man sie für gleich ansehen kann. Die so charakteristischen feinen haarförmigen Mikrolithe, die nur bei starker Vergrösserung als durchsichtige Fädchen oder Nädelchen erscheinen, sonst aber nur wie feine schwarze Pinselhaare, zeigen sich gerade so, wie in den Cauber Schiefern in sehr grosser Anzahl und bedingen wesentlich mit die schwarze Färbung an allen nicht ganz besonders dünnen Stellen der Schliffe. Sie finden sich nicht in allen Proben von gleicher Menge, ganz fehlten sie aber nirgends. Durchschnittlich erschienen sie mir noch feiner, als die der Cauber Schiefer, aber auch wie diese nicht selten gekrümmt, selbst hakenförmig umgebogen, häufig sehr spitz auslaufend. Im Mittel zeigten sie eine Länge von 0,012 — 0,018 mm. Der breiteste, den ich fand, hatte eine Breite von 0,0015 mm. Manche erschienen dagegen selbst bei einer 1050facher Vergrösserung (Hartnack Syst. 10, Ocular 4) noch als einfache schwache Striche. In einem dünnen Blättchen, das vor dem letzten Schleifen so stark geglüht wurde, dass es gelb wurde, zeigten sie sich ebenso unverändert wie in einem anderen, das 8 Tage in Salzsäure gelegen war. Sie liegen ohne irgend welche Regelmässigkeit, aber nicht, wie dies die von Zirkel untersuchten zeigen, nur parallel der Schieferungsfläche, wenn sie auch am häufigsten so liegen, sondern unter allen möglichen Neigungen gegen diese, wie man dies aus

den Schliffen senkrecht zur Schieferung sehr deutlich erkennen kann. Ueber ihre mineralogische Natur lässt sich auch nach diesen Präparaten nichts Sicheres aussagen, natürlich auch nicht, ob sie alle derselben Mineralspecies angehören oder nicht.

Der Menge nach alle andern Bestandtheile übertreffend zeigte sich der Glimmer und dem Glimmer ähnliche Mineralien, deren Natur genau zu bestimmen gegenwärtig wohl unmöglich sein dürfte. In unseren Schiefern giebt sich ein Glimmer schon makroskopisch sehr deutlich zu erkennen. Auch in den feinsten Tafelschiefern erscheinen zahlreiche silberweiss glänzende Schüppchen bis zu $^1/_2$ mm gross, in den etwas gröberen Dachschiefern werden einzelne bis 1 mm gross, und sie lassen sich, wenn man das Gestein im Stahlmörser zermalmt und schlämmt, nicht schwer isoliren. Es sind entschieden etwas verschiedene Substanzen; die einen ganz farblos, die andern gelblich bis bräunlich gefärbt. In den Dünnschliffen zeigt sich, wiewohl sehr spärlich, an einigen Stücken eine etwas ins Grünliche gehende glimmerähnliche Masse, welche wir mit Gümbel als eine dem Chloropit nahe stehende chloritische bezeichnen dürfen. Die Glimmerblättchen zeigen sich nun vielfach gebogen und gewunden, andren körnigen Mineralien sich anschmiegend, und vielfach wellig fein gestreift. Nie habe ich eine regelmässige Begrenzung desselben wahrgenommen, dagegen häufig eine zackige Beschaffenheit ihrer Ränder. In den Präparaten bewirkt das häufige Gekrümmtsein der Blättchen, dass man die Grenzen desselben nicht vollständig verfolgen kann, indem sie sich nach der Tiefe zu biegen und von andern Bestandtheilen überlagert werden. Eigenthümlich ist auch für die farblosen Glimmer, dass sie im nicht polarisirten Lichte ganz gleichmässig erscheinend, im polarisirten nun Streifen erkennen lassen, die ein verschiedenes optisches Verhalten zeigen, namentlich auch verschiedene Orientirung

der Schwingungsrichtungen. In den gröbsten Schiefern erscheinen manche der Glimmerblättchen an ihren Rändern in sehr feinfasrige Massen überzugehen. Die Glimmerblättchen sind besonders häufig von sehr feinen Kalkspathkörnchen besetzt und eingefasst, wie man das besonders gut beobachten kann, wenn man ein halb geätztes Präparat so ins Gesichtsfeld des Mikroskopes bringt, dass die eine Hälfte desselben vom geätzten, die andre vom nicht geätzten Theile eingenommen wird.

Auch die Glimmerblättchen liegen übrigens nicht durchgängig in der Schieferungsebene, sondern gleichfalls nicht sehr selten gegen dieselbe geneigt, wie man dies ebenfalls in den zur Schieferung senkrechten Schliffen auf den ersten Blick erkennen kann. Sie sind manchmal so dünn, auch die durch Schlämmen isolirten, dass sie ganz oder stellenweise nicht mehr doppeltbrechend sich zeigen und keine merkliche Polarisation deshalb hervorrufen.

Neben den Glimmerblättchen macht sich der Quarz, der ebenfalls schon makroskopisch auch in den feinen Tafelschiefern erkennt werden kann, im polarisirten Lichte sehr auffallend bemerklich. Er erreicht hier nicht selten einen Durchmesser von 0,09 — 0,12 mm; in den groben sandsteinartigen, hart neben den feinen schieferigen Stellen werden sie selbst einen ganzen mm gross. Sie erscheinen meist wasserhell, in den gröberen zuweilen etwas bräunlich, eckig und unregelmässig gestaltet, äusserst selten auch nur auf eine kleine Strecke eine geradlinige Begrenzung zeigend. Sie sind reich an Einschlüssen und Bläschen, die häufig reihenweise liegen. Die Einschlüsse sind sehr verschiedenartig, theils aus feinkörnigen oder staubartigen Partikelchen bestehend, theils aus krystallinischen, nadelförmigen unbestimmbaren Kryställchen. In einem der Quarze fand sich auch ein sehr hübscher Zwillingskrystall, eine knieförmige Verwachsung zweier säulenförmiger Krystalle, der aus-

springende Winkel des Knies von 2 Säulenflächen gebildet, ergab im Mittel aus 8 Messungen 117°. Eine gerade Endfläche war ebenfalls noch deutlich zu erkennen, doch war es mir bei der geringen Grösse auch bei den stärksten Vergrösserungen nicht möglich, das Krystallsystem sicher zu bestimmen und ich will daher auch keine Muthmassung über die Natur dieses farblos erscheinenden Zwillinges äussern.

Auch die Quarze lassen übrigens häufig erkennen, dass sie aus einem rundlichen Korne bestehen müssen, indem sie namentlich in den parallel der Schieferfläche angefertigten Präparaten keine scharfe Begrenzung aufweisen, indem sich über die dünneren Ränder der Linse andre Bestandtheile, namentlich die schwarzen Mikrolithe auflagern und jene dadurch unsichtbar machen. Neben diesen Quarzkörnern finden sich, wie dies auch Gümbel für die Fichtelgebirger Thonschiefer erwähnt, eine Menge sehr feiner splitteriger Quarzmassen.

In noch grösserer Menge zeigt sich nun in den Parallelschnitten eine schwarze Masse, die in etwas dickeren Präparaten fast alle andern verdeckt, der Menge nach aber um so mehr zurücktritt, je dünner das Präparat wird. Dieselbe zeigt sich an den dünneren Stellen der Präparate sehr deutlich meist aus rundlichen oder auch etwas eckigen, ganz undurchsichtigen Körnern oder Blättchen bestehend, die gewöhnlich 0,009 — 0,012 mm im Durchmesser haben, und meist gruppenweise beisammen stehen. Sie finden sich aber auch noch viel kleiner und scheinen selbst die staubartigen schwarzen Pünktchen zu bilden, die man überall zerstreut findet. Dieselben möchten wohl grösstentheils als Kohle und zwar Graphit anzusehen sein. Die Anwesenheit des letzteren lässt sich nehmlich sehr bestimmt nachweisen, indem, wenn man die silberartig glänzenden Blättchen, die das blosse Auge schon erkennt, isolirt, unter diesen sich

immer einige als feine Graphitblättchen unter dem Mikroskope durch ihre Undurchsichtigkeit und schwarze Farbe bei auffallendem Lichte zu erkennen geben.

Neben diesen meist rundlichen schwarzen Massen finden sich aber auch unregelmässig geformte von beträchtlicherer Grösse, hie und da in einer Weise durchbrochen, die an lockeres Zellgewebe erinnert. Auch diese schwarzen Massen schmiegen sich dem Glimmer ähnlich oft an die grösseren Fragmente an und umgeben dieselben, so dass sie auf den Querschliffen oft wellenförmigen Verlauf zeigen und wie Bänder erscheinen. Diese schwarzen Massen sind in den verschiedenen Varietäten in sehr verschiedener Menge vorhanden, am reichlichsten in den feinschiefrigen Tafelschiefern von Pfäfers. Fast ganz fehlen sie in den Knoten, welche sich in diesen Schiefern finden. Feldspath lässt sich im Ganzen in den feinen Tafel- und Dachschiefern nur selten deutlich nachweisen, doch kommen leistenförmige auf 2 Seiten von parallelen Linien begränzte farbig polarisirende Massen vor, hie und da mit einer Andeutung von Zwillingsstreifung, die kaum von einem andern Mineral herrühren können. Es ist diese Annahme um so wahrscheinlicher, als Feldspathe in den gröberen sandigen Schiefern mit dem plötzlichen Uebergang in feinschiefrigen Thonschiefer, in sehr grossen und sehr deutlichen Körnern auftreten, die bis zu 0,25 mm erreichen. Dieselben gehören theils orthoklastischen, grösseren Theils klinoklastischen Feldspathen an. Die letzteren zeigen vielfach keilförmig in einander gefügte Zwillingslamellen eine geringe 12 — 14° übertragende Abweichung der Auslöschungsrichtung von der Kante P : M. Gewöhnlich zeigen sie sich schon in beginnender Zersetzung. Dieselbe giebt sich durch die Ungleichheit und Trübung der Farben, ferner dadurch zu erkennen, dass die geradlinigen parallelen Seiten wie zerfressen mit feinen Einbuchtungen erscheinen, dann geht nicht selten die Masse an den Enden in eine fasrig

körnige, das Licht ganz anders polarisirende über und selbst mitten in der im nicht polarisirten Lichte gleichartigen Schliffläche sieht man bei gekreuzten Nicols Stellen, die eine ganz andre Beschaffenheit erkennen lassen und bei Drehung in keiner Stellung mehr farbig oder hell werden. Ich habe einen dieser grösseren Krystalle in Fig. 6 gezeichnet, wie er bei gekreuzten Nicols erscheint und zwar bei einer Stellung, dass nur die feinen Zwillingslamellen dunkel werden. Nur zwischen a b ist der Rand gezeichnet, wie er sich bei parallelen Nicols verhält. Die Flecken 1, 2, 3 polarisiren, soweit sie ganz schwarz gezeichnet sind, gar nicht mehr, wo sie heller sind, polarisiren sie noch etwas, aber wenig. Bei parallelen Nicols bemerkt man von diesen Flecken nichts, oder kaum eine Spur einer etwas andern Färbung der Stellen.

Von Eisenerzen lässt sich unter dem Mikroskope nichts nachweisen mit Ausnahme des Eisenoxydhydrates, das namentlich in den hellen gelblichen Varietäten in grösserer Menge auftritt. Auch aus dem feingepulverten Schiefer liess sich mit Hülfe des Magnetes keine Spur von einem magnetischen Eisenerze ausziehen. Doch macht der in den Knoten hie und da in grosser Menge auftretende Schwefelkies es nicht unwahrscheinlich, dass manche der schwarzen undurchsichtigen Körner diesem Erze angehören mögen.

Zwischen diesen verschiedenen Bestandtheilen erblickt man nun auch ganz unregelmässig in Flecken vertheilt helle, farblose Partieen, welche das Licht nicht mehr polarisiren. Sucht man nach den Grenzen derselben, so bemerkt man bald, dass sich solche gar nicht zeigen, oder dass sich nur stellenweise Kontouren an ihnen erkennen lassen. Zirkel hat diese Masse als eine hyaline, wahrscheinlich aus amorpher Kieselsäure bestehende angenommen. Ich muss jedoch gestehen, dass mir diese Deutung wenigstens für diese eocenen Schiefer nicht sicher erscheint. Sollte es wirklich eine

amorphe Masse sein, so ist allerdings kaum an eine andre zu denken, als an Kieselsäure. Dagegen spricht aber das Verhalten der Schiefer, wenn man sie länger mit einer concentrirteren Lösung von kohlensaurem Natron kocht. Zwei verschiedene Proben von Schiefer mehrere Stunden lang mit einer solchen gekocht färbten die Lösung sehr schwach bräunlich, aber es konnte kaum eine Spur von Kieselsäure in der abfiltrirten Flüssigkeit nachgewiesen werden, während unter dem Mikroskope diese nicht polarisirende Masse einen nicht unerheblichen Bruchtheil des Ganzen zu bilden scheint. Will man aber diese Masse nicht als amorph gelten lassen, so muss man annehmen, dass sie schwach doppelbrechend und so dünn sei, dass sie keine Doppelbrechung mehr erkennen lasse. Vom Glimmer ist es nun nicht schwer Blättchen abzuspalten, die bei gekreuzten Nicols bei keiner Stellung desselben mehr hell oder farbig werden und daher auch wie eine amorphe Masse sich verhalten und auch von den grösseren durch Schlämmen aus dem Schiefer zu erhaltenden Glimmerblättchen zeigen manche ebenfalls keine Polarisation mehr. Dass man nun meist keine scharfe Grenze dieser nicht polarisirenden Massen sieht, kann ganz gut davon herrühren, dass sich die Ränder derselben verjüngen und von andren Massen überlagert sind, wie es Fig. 5 schematisch darstellt. Stellt a ein solches Glimmerblättchen dar, das nach b und c hin dünner wird, oder sich auch nur abwärts biegt, so werden die kohligen Bestandtheile, die haarförmigen Mikrolithe, von oben betrachtet, die Endigungen des Glimmerblättchens unsichtbar machen. Dass das auch bei dickeren solchen, die noch polarisiren, häufig vorkommt, davon kann man sich deutlich auch an den Präparaten überzeugen, welche parallel zur Schieferung geschliffen sind. Noch besser aber sieht man dieses an den Schliffen senkrecht zur Schieferung, welche jedenfalls das Vorhandensein einer solchen amorphen Sub-

stanz bedeutend einzuschränken räthlich machen. Die eigentliche Structur der Schiefer kann ohnedies nur aus der Betrachtung dieser genauer ermittelt werden und wir wenden uns nun noch zu einer Besprechung der Resultate aus der Betrachtung dieser senkrechten Schnitte.

Da eine Beschreibung immer etwas mangelhaft bleiben muss, indem sie nie ein vollständiges Bild geben kann, so habe ich mich bemüht, möglichst genau zwei solche Querschliffe, Fig. 1 von einem etwas gröberen (Dachschiefer) Fig. 2 von einem feinen Tafelschiefer von Elm wieder zugeben. Eine grosse Zahl der auffälligsten Elemente wurde genau gemessen und darnach der entsprechende Maassstab, der für Fig. 1 und 2 der gleiche ist, (200:1) darunter gezeichnet. Die Zeichnung giebt das Aussehen der Präparate in nicht polarisirtem Lichte. In beiden Präparaten war gleichmässig die in der Zeichnung oben erscheinende Seite etwas dicker, als die untere. Betrachten wir zunächst den gröberen Schiefer (Fig. 1) so fallen sofort die grösseren eckigen Fragmente auf, theils mit sehr scharfen Umrissen, theils mit scheinbar verschwimmenden. Sie gehören alle dem Quarze an. Durch Drehen der Mikrometerschraube überzeugt man sich, dass der Verschwimmen der Umrisse an einzelnen Seiten von einem Dünnerwerden des Fragmentes nach dieser Seite und einer Ueberlagerung des dünneren Endes durch feinere Fragmente und dünnere Krystallmassen, namentlich von Glimmern herrührt. Neben diesen grösseren Quarzfragmenten finden sich nun auch längere und schmälere, aber auch breitere und kürzere Fetzen von Glimmer, die häufig eine elliptische Gestalt zeigen, wie z. B. a und die schon erwähnte Eigenthümlichkeit einer nicht gleichmässigen Polarisation erkennen lassen. Die Glimmerblättchen erscheinen dann auch sehr häufig noch als feine rechteckige oder auch gebogene Streifen, wenn sie nehmlich genau senkrecht zu ihren Spaltungsrichtungen von der Schliffläche

durchschnitten sind, im polarisirten Lichte sehr deutlich durch ihre Farben auch in ganz dünnen fädchenartig erscheinenden Stücken noch kenntlich; in nicht polarisirtem Lichte als farblose Streifen oder Zwischenräume zwischen den Mikrolithen und den kohligen Bestandtheilen sich zeigend, die etwas grösseren zeigen auch häufig eine bräunliche Farbe. Die, wie die Figur zeigt, etwas wellige Schieferung ist hauptsächlich durch die Lagerung dieser Glimmerblättchen, der Kohle nebst dem Graphit und die Lage der meistens, aber nicht ausnahmslos parallel derselben Richtung abgesetzten haarförmigen Kryställchen bedingt. Noch häufiger als die grossen Fragmente des Quarz zeigen auch die grossen Glimmerfetzen einen scheinbaren Mangel eines scharf erkennbaren Endes, bei ihnen ist das aber wohl stets durch eine Krümmung der Blättchen, wodurch gleichsam Mulden in ihnen entstehen, bedingt In und auf diese legt sich eine Menge der feinsten Körnchen, besonders von Kalkspath, die Mikrolithe und Kohlenstäubchen. Je stärkere Vergrösserungen man anwendet, desto mehr steigert sich die Fülle dieser kleinsten Schieferelemente in allen Tiefen, in die man durch Drehung der Mikrometerschraube noch eindringen kann. Ich habe auch hier versucht durch eine Abbildung dies anschaulich zu machen, indem ich eine kleine Parthie aus dem Präparate Fig. 2 (ziemlich aus der Mitte derselben etwas rechts oben den 3 beisammenstehenden Kohlkörnern) in 10 fach grösserem Maassstabe (Immissionssystem Hartnack 10) zeichnete. Ausser diesen grösseren Elementen zeigen sich nun überall, namentlich im polarisirten Lichte eine grosse Zahl feinster Körnchen und Splitterchen, von denen erstre, soweit sie durchsichtig sind, dem Kalkspathe grösstentheils zuzurechnen sein dürften, ausserdem sind es Quarzsplitterchen und wohl Eisenoxydhydrat, welche noch in so feinen Partikeln sich finden. So grosse Stellen, welche das Licht nicht polarisiren, wie in den Schliffen parallel

der Schieferung beobachtet man hier nicht, sie sind überhaupt sehr selten zu sehen.

So wie nun das Präparat etwas dicker wird, nimmt die Menge der undurchsichtigen Bestandtheile scheinbar relativ zu, dann scheinen dieselben mehr und mehr breitere Bänder zu bilden, welche sich wellig zwischen den grösseren durchsichtigen Fragmenten hinziehen und sich ihnen anschmiegen, wie es die obere Seite von Fig. 1 und 2 erkennen lässt. Es braucht wohl kaum einer Erwähnung, dass diese relative Zunahme der undurchsichtigen Bestandtheile nur eine optische Wirkung ist, die sich überall wiederholt, und den Schein erzeugt, als ob die undurchsichtigen oder auch nur beträchtlich weniger durchsichtigen Elemente in überwiegender Menge vorhanden wären. Je dünner daher ein Präparat ist, desto richtiger wird es auch das Mengenverhältniss beider Arten von Bestandtheilen angeben.

Der makroskopisch schon bemerkbaren feineren Zusammensetzung und vollkommeneren Schieferung der Tafelschiefer entspricht auch das mikroskopische Bild derselben, wie es Fig. 2 darstellt. Auch hier machen sich bei dem ersten Blicke die noch ziemlich grossen elliptischen oder linsenförmigen grösseren Fragmente bemerklich, aber alle viel regelmässiger auf und über einander geschichtet, als es in Fig. 1 der Fall ist. Doch ist auch hier noch deutlich die wellige Structur ausgesprochen und ein wesentlicher Unterschied gegen die gröberen Schiefer nicht bemerklich.

Diese grossen Fragmente und die sehr deutliche wellig schiefrige Structur fand ich durchgängig bei allen diesen eocenen Schiefern, soviel ich auch untersuchte. Dieselbe kommt nicht allen Thonschiefern überhaupt zu, bei manchen ist sie so wenig ausgebildet, dass man sie gar nicht erkennt, und nicht mit Sicherheit angeben könnte, ob das Präparat senkrecht zur Schieferung angefertigt sei oder nicht, wenigstens die Richtung der Schieferung nicht sicher bestimmen

kann. Sehr auffallend fand ich dies z. B. bei dem Schiefer von Caub, den ich untersuchte, der sich äusserst gleichmässig höchst feinkörnig und feinsplitterig auf der Schliffläche senkrecht zur Schieferung zeigte, und keine Spur von solchen welligem Verlauf einzelner seiner Bestandtheile erkennen liess, kaum dass die feinen Glimmerleistchen die Richtung der Schieferung verriethen. Auch mehrere Schiefer des Fichtelgebirges zeigten in ähnlicher Weise Verschiedenheiten von den eocenen, doch ist es jetzt nicht meine Absicht auf diese weiter einzugehen. Dagegen will ich noch einige Bemerkungen über die Knoten in den Schiefern hier anfügen. Auch sie lassen sich in ihrem Verhalten zu der übrigen Schiefermasse auf Querschliffen besser erkennen. Betrachtet man die oft 3—4 mm im Durchmesser haltenden linsenförmigen oder kugelförmigen Massen, so erkennt man deutlich, dass sie fast nur aus Quarz und Glimmer in buntem Gewirre, aber von nicht sehr erheblicher Grösse der Fragmente bestehen. Nur sehr spärlich finden sich hier Kohlepartikelchen oder Mikrolithen. Auffallend ist die Kontour der Fragmente, nehmlich meist höchst unregelmässig, zackig, die einzelnen Blättchen greifen über einander über, ihre Grösse geht kaum über 0,03 mm hinaus. Nach den Seiten gehen die Knoten sehr rasch in die übrige schiefrige Masse über oder verlieren sich, richtiger ausgedrückt sehr rasch, es tritt gleichsam eine Spaltung der Schieferbänder (Fig. 4) bei a ein, die kohligen Zwischenmassen erscheinen wie an einander gepresst und legen sich oben und unten um die Knoten herum. Nicht polarisirende Substanz findet sich kaum in den Knoten, doch zeigen sich hie und da einzelne der Blättchen entschieden ohne Veränderung bei jeglicher Lage der beiden Nicols. Auch in den Knoten finden sich hie und da feine Leistchen, die verschiedene parallele feine Farbenstreifchen erkennen lassen und Feldspathen angehören könnten, da aber auch die Quarzkörnchen und Splitter meist

Farbenverschiedenheiten in feinen Linien erkennen lassen, so ist es bei der Kleinheit jener Leistchen nicht möglich, zu bestimmen, ob sie nicht am Ende nur Quarzsplitter seien.

Ich füge dieser Schilderung der eocenen Schiefer noch einige Bemerkungen über die Entstehung derselben bei. Die Betrachtung der Präparate führt auch bei ihnen sicher jeden Unbefangenen zu demselben Schlusse, den schon Zirkel in der erwähnten Arbeit gezogen hat, dass nehmlich keine wesentliche Aenderung in den Thonschiefern nach ihrem Absatze eingetreten sei und dass sie so, wie wir sie jetzt vor uns haben, auch entstanden seien. Dennoch kann man über ihre Entstehungsart noch etwas verschiedener Ansicht sein, insoferne, ob man sie mehr zu den klastischen mechanisch gebildeten Gesteinen oder mehr zu den krystallinischen chemischen Bildungen rechnen soll.

Offenbar wird die Beantwortung dieser Frage davon wesentlich abhängen, ob man jene amorphe Masse als eine selbständige, als einen auch der Menge nach wesentlichen Gemengtheil, auf chemischen Wege aus einer Lösung abgesetzt, ansehen will, und dann auch, welches Gewicht man auf die vorhandenen haarförmigen Krystalle legen will.

Es schien mir für diese Fragen nicht unwichtig, eine Reihe andrer, dem Thonschiefer in einer Art ähnlicher Massen, nehmlich der Mergel und Schieferthone zu untersuchen. Auch von diesen ist es nicht viel schwieriger, als von den Thonschiefern, Dünnschliffe parallel und senkrecht zu der Schieferungs- oder Schichtungsfläche anzufertigen. Ich habe solche von verschiedenen Thonen der Steinkohlenformation (Zwickau, St. Ingbert u. a.) der Trias, (Pflanzenthone des Keupers) Jura, dann Mergel des Lias, tertiäre (Cyrenenmergel u. a.) angefertigt. Hier zeigte sich nun, dass auch diese Massen ohne Ausnahme bald mehr, bald weniger krystallinische Elemente enthalten und zum Theil dem Thonschiefer ausserordentlich ähnlich sind. Namentlich

gilt dies für einige karbonische Thone auch hinsichtlich der Structurverhältnisse, wie sie auf den Querschliffen sich zeigen, so dass an manchen Präparaten es kaum möglich wäre zu unterscheiden, ob sie von einem Thon-Schiefer oder Thone genommen seien. Ueberraschend war mir namentlich auch, dass in einigen z. B. in den Thonen von St. Ingbert, die haarförmigen Kryställchen so reichlich sich finden, wie in manchen Schiefern. Allerdings sind die Thone und Mergel durchschnittlich viel ärmer daran, als die Schiefer, aber unter den von mir untersuchten, oben angeführten, fehlen sie keinem ganz und gar, obwohl sie meist auch noch feiner sind, als die in den eocenen Schiefern und hinsichtlich ihrer mineralogischen Natur noch weniger Aufschluss geben, als jene. Es stimmen diese Angaben vollkommen mit denen R. Credner's[1]) überein, der ebenfalls in 30, allen Formationen entnommenen Schieferthonen und Thonen diese feinen Kryställchen auffand.

Auch nicht polarisirende Stellen finden sich in der Mehrzahl der Präparate, so namentlich in dem Zwickauer Schieferthon, in den triasischen Pflanzenthonen, auch in dem Cyrenenmergel und besonders in den Oeninger Schieferthonen. Doch möchte ich auch hier wieder dieselben Zweifel geltend machen, ob wir es mit einem in Wahrheit amorphen, cämentirenden Teige zu thun haben, oder nicht bloss mit einer wegen ihrer geringen Dicke nicht wahrnehmbar polarisirenden krystallinischen Substanz. Die Frage ist hier insoferne noch schwieriger zu entscheiden, als die Thone wegen grösserer Menge undurchsichtiger Moleküle eine solche Substanz eben nur an den allerdünnsten Stellen deutlich erkennen lassen. Ohne hier näher auf die Beschaffenheit dieser Thone und Mergel näher eingehen zu wollen, steht doch das wohl fest, was wir hier nun hervorheben wollen,

1) Zeitschrift für d. ges. Naturw. 1874. S. 1 ff.

dass eine ganze Reihe von geschichteten Gesteinen, deren Charakter als ganz oder vorwiegend mechanischer Bildungen Niemand in Abrede stellt, ebenfalls ähnliche krystallinische, nicht klastische, und amorphe Substanz enthalten. Wir dürfen daher auch den Thonschiefer immerhin als vorzugsweise mechanische Bildung ansehen. Die obigen Angaben, sowie die Credners, zeigen aber auch, dass vielleicht nirgends auch nur ein wenig mächtiges Schichtensystem mechanischer Bildung existire, in dem nicht eine gleichzeitig mit dem mechanischen Absatze und in demselben vor sich gehende chemische Thätigkeit krystallinische und wahrscheinlich auch amorphe Gesteins-Elemente ausgeschieden hat. Dass diese beiden die Gesteine bildenden Vorgänge nicht immer in einem bestimmten und gleichmässigen Verhältnisse neben einander hergegangen sind, ist ja wohl selbstverständlich und daher auch natürlich, dass die Producte der beiden Factoren in Beziehung auf die Menge der von jedem erzeugten Bildungen einen sehr verschiedenen Charakter haben müssen. Die Grenze, die wir zwischen mechanischen und chemischen Bildungen ziehen, müssen deswegen immer etwas willkührliches haben, wenn wir überhaupt solche für die Gesteine ziehen wollen. Im Allgemeinen wird man sich natürlich darnach richten, welcher der beiden Bestandtheile der Menge noch vorwiegend ist. Wenn sich nun auch für die Thonschiefer selbst für specielle Fälle das Verhältniss beider Arten von Elementen, der mechanisch herbeigeführten zu den chemisch gebildeten nicht in Procenten sicher wird ermitteln lassen, so glaube ich doch, dass die Mehrzahl der Thonschiefer entschieden eine viel grössere Menge der ersteren, als der letzteren enthalten und deswegen zu den mechanisch gebildeten zu rechnen seien. Für die eocenen Schiefer gilt dies sicher, wie dies schon der plötzliche Uebergang in sandsteinartige Massen anzeigt, und der ganze Habitus, wie er sich besonders auf den Querschliffen zeigt.

Unter den bisher von mir untersuchten älteren aus sehr verschiedenen Gegenden, Schweden, Böhmen, Rheinlande, Fichtelgebirge, Ungarn, habe ich bisher keinen gefunden, für den nicht dasselbe gälte; ob auch solche vorkommen, bei denen das umgekehrte Verhältniss Statt findet, dürfte noch eingehenderer Untersuchungen bedürfen, als bis jetzt den Thonschiefern zu Theil geworden sind. Der Uebergang von krystallinischen Schiefern in Thonschiefer macht es an und für sich nicht unwahrscheinlich. Auch aus diesem Grunde wäre eine ausgedehnte Untersuchung aller der Massen, die als „Schiefer" bezeichnet werden, wohl sehr wünschenswerth und gewiss nicht ohne Nutzen für die Aufhellung einer noch ziemlich dunkeln Partie der Petrographie.

Zum Schlusse will ich nur noch ganz kurz über einen Versuch berichten, den ich anstellte, um allenfalls auf experimentellem Wege einiges über die Bildung der Thonschiefer zu erfahren, ohne jedoch zu einem befriedigenden Resultate gelangt zu sein. Ich nahm gröbliches Pulver von Quarz, geschabten Glimmer und Chlorit mit etwas Graphit und brachte dieses Gemenge in ein cylindrisches starkes Glasgefäss, das ungefähr $^3/_4$ mit Wasser angefüllt und dann wohl verschlossen wurde. Ich befestigte dann dieses Glas auf dem Stempel einer Dampfmaschine, so dass es durch denselben horizontal hin und herbewegt wurde, je nach dem Gange der Maschine zwischen 60—100 mal in der Minute. Bei Nacht stand dieselbe jedoch stille, 14 Wochen wurde dieses Schütteln fortgesetzt. Nach dieser Zeit erschien die Flüssigkeit ganz grau, liess man sie stehen, so setzte sich ein Theil der suspendirten Massen sehr rasch ab, dann aber dauerte es 2 Tage bis sich der übrige Theil zu Boden gesetzt hatte, aber auch dann blieb die Flüssigkeit noch milchig trübe von den feinsten suspendirten Theilchen, welche auch durch jedes Filter drangen und selbst nach 8 Tagen noch nicht ganz sich setzten. Der noch etwas

feuchte Bodensatz wurde nun in einem 14 mm weiten eisernen Cylinder einem Drucke von 80 Atmosphären mehrere Tage ausgesetzt. Ich erhielt so zwar eine ganz trockne etwas schiefrige Masse, aber ohne alle Festigkeit und so locker, dass sie bei einem Versuche, sie zu schleifen, fortwährend zerbröckelte. Die Untersuchung des Bodensatzes unter dem Mikroskope ergab, dass der Quarz am spärlichsten noch gröbere Körner zeigte und am meisten zerrieben war, während von Glimmer und Chlorit noch ziemlich grosse Blättchen, die auch mit dem blossen Auge noch sehr wohl zu erkennen waren, häufig zu sehen waren. Der Quarz war meistens in feinen Splittern und zum Theil in eckigen Körnchen abgesondert, soweit er nicht mit den übrigen zu einem sehr feinen staubartigen Gemenge verwandelt war, das kaum mehr polarisirende Eigenschaften erkennen liess. Vielleicht könnte man bei viel stärkerem Drucke und mit Hinzufügung eines Bindemittels oder einer Kieselsäurelösung bessere Resultate erlangen, wenn uns dieselben auch schwerlich je ein dem natürlichen Thonschiefer gleiches Produkt liefern und die Bildung desselben vollkommen klar legen dürften.

Fig. 1

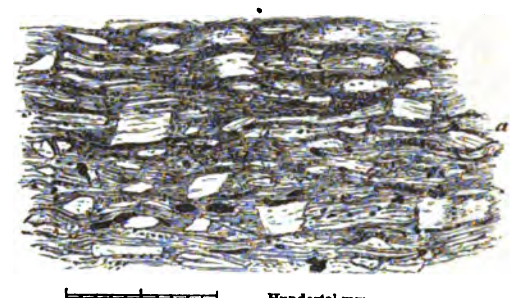


Fig. 2

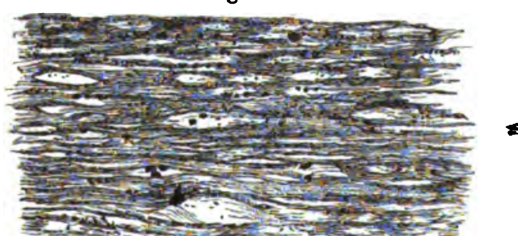


Fig. 5

Fig. 6

Fig. 3



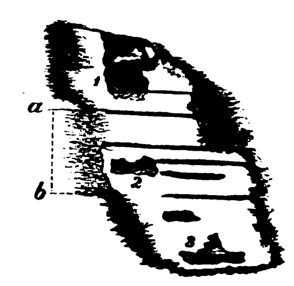
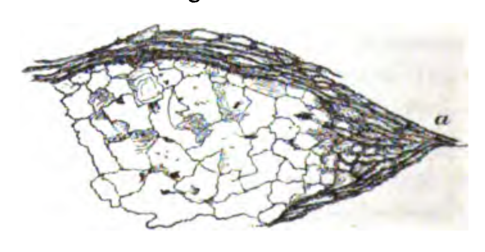


Fig. 4



Herr v. Bischoff hielt einen Vortrag:

„Ueber die Bedeutung des Musculus Extensor indicis proprius und des Flexor pollicis longus der Hand des Menschen und der Affen."

Herr Prof. W. Koster in Utrecht hat zwei Abhandlungen, die Eine „Sur la signification génétique des Muscles extenseurs des Doigts in den Archives Nederlandaises T. XIV, und die Andere: „Affen und Menschenhand" in den Verslagen en Mededelingen der koninklijke Akademie van Wetenschappen. Afdeding Natuurkunde 2de Reiks Deel XV publicirt, und die Freundlichkeit gehabt, mir dieselben zu übersenden, welche mich zu nachfolgenden Bemerkungen veranlassen.

Man hat bisher wohl allgemein die Ansicht gehabt und gelehrt, dass in Beziehung auf die Muskeln, die Hand des Menschen sich von der Hand des Affen vorzüglich durch den Besitz eines eigenen, gesonderten Streckmuskels des Zeigefingers und eines eigenen, gesonderten langen Beugers des Endgliedes des Daumens bedeutungsvoll unterscheide. Auch ich habe in meinen beiden Abhandlungen: Beiträge zur Anatomie des Hylobates leuciscus und Beiträge zur Anatomie des Gorilla an diesem Unterschied und an dessen Bedeutung festgehalten, obgleich ich mit Duvernoy bei

dem Gorilla einen eigenen, allerdings nur sehr schwachen und von dem gemeinschaftlichen Strecker der Finger kaum getrennten Zeigefinger Strecker beobachtete.

Herr Koster glaubt dagegen behaupten zu können, dass es sich, bei richtiger Erwägung aller Thatsachen, herausstelle, dass kein specifischer Unterschied in der Muskulatur der Hände bei den Anthropoiden und dem Menschen anzunehmen sei.

Herr Koster geht dabei von der Beobachtung einer, wie er glaubt, bisher noch nicht wahrgenommenen Varietät in der Anordnung des Extensor indicis proprius an seiner eigenen Hand, und dann auch an der einer männlichen Leiche aus, bei welcher die Sehne des Extensor indicis proprius sich in zwei Branchen theilt, von welchen die eine sich wie gewöhnlich gemeinschaftlich mit dem Extensor digit. comm. an den Zeigefinger ansetzt, die andere sich mit der Sehne des Extensor pollicis verbindet. Er glaubt in dieser Varietät eine Homologie, und damit eine atavistische Bildung, derselben Muskeln an der Hand vieler Affen zu finden, wodurch die specifisch indicatorische Bedeutung des Extensor indicis proprius bei dem Menschen aufgehoben, und zugleich das Vorkommen solcher Varietäten bei dem Menschen erklärt werde. Ebenso ist Herr Koster der Ansicht, dass weil bei den meisten Affen eine Sehne des Flexor digitorum commun. prof., welche der Radial-Portion dieses Muskels angehöre, zu dem Endgliede des Daumens geht, diese den Flexor pollicis longus der Menschenhand ersetze,. und dadurch auch in dieser Hinsicht der Unterschied zwischen der Hand des Menschen und der Affen aufgehoben werde. Dieser Unterschied laufe in beiden Fällen nur auf eine weiter fortgeschrittene Differenzirung derselben Muskeln zurück, welche sich in gleicher Weise in der Anlage schon bei den Affen vorfinden.

Ich erlaube mir nun zuerst zur Richtigstellung des

Sachlichen zu bemerken, dass die von Herrn Koster beschriebene Varietät in dem Verhalten des Extensor indicis proprius, allerdings auch schon von früheren Anatomen beobachtet wurde.

Clazon, Upsala lakareförenings födhandlingar Bd. II, Heft 6 p. 427, 1868, beschreibt einen Extens. ind. propr., welcher eine Sehne zum Ext. poll. long. abgiebt.

J. Wood, Proceedings of the royal. Soc. of Lond. 1867. Nro. 93 pag. 518 beobachtete einen überzähligen Extens. ind. et pollicis, welcher von der hinteren Fläche der Ulna, dem Ligam. inteross. und dem fibrösen Septum zwischen Extens. poll. long. und Extens. ind. propr. entsprang, durch die Scheide des Ext. dig. comm. des Lig. carpi dors. auf den Handrücken ging, und dort eine cylindrische Sehne bildete, welche sich in zwei Zipfel für den Daumen und Zeigefinger theilte.

W. Gruber, Oestr. Zeitschr. f. pract. Heilk. 1870. Nro. 16 u. 17 beobachtete einen Ext. ind. propr. bicaudatus, dessen beide Sehnen an der linken Hand beide zum Zeigefinger gingen. An der rechten Hand aber theilte sich die Sehne des kleineren Theiles wieder in zwei Sehnen, von welchen sich die eine der Sehne des Zeigefingers anschloss, die andere zum Nagelgliede des Daumens ging.

Curnow Journ. of Anat. and Phys. Vol. X 1876 beschreibt einen überzähligen Extensor indicis proprius, der sich in drei Sehnen spaltete, eine zum Daumen, eine zweite zum Zeigefinger, eine dritte zum Mittelfinger.

Wesentlicher indessen, als dieses so leicht mögliche Uebersehen einer ausgedehnten und zerstreuten Literatur, ist es, dass dieser hier von Herrn Koster und Anderen beobachtete Fall, durchaus nicht mit dem bei den Affen oft zu beobachtenden und von Herrn Koster angezogenen übereinstimmt. Bei den Affen, auch den Anthropoiden, kommt es oft vor, dass die Sehne des Extensor pollicis

longus sich spaltet und eine Branche an den Zeigefinger abgiebt, aber der umgekehrte Fall, dass die Sehne des Zeigefingerstreckers sich mit einem Theile auch an den Daumen ansetzt, wie in den Fällen des Herrn Koster und den oben erwähnten, findet sich bei den Affen nie, ist wenigstens so viel ich weis von keinem Autor beschrieben, und auch von mir nie beobachtet worden.

Dieser erhebliche Unterschied entzieht eigentlich schon der ganzen Argumentation des Herrn Koster den Boden. Allein ich will auf demselben allein meinen Widerspruch nicht aufbauen; denn es ist allerdings auch ein Fall beschrieben worden, in welchem sich die bei den Affen öfter vorkommende Anordnung, dass der Extensor poll. longus auch eine Sehne zum Zeigefinger abgab, beim Menschen beobachtet wurde. John Bankart, Pye-Smith and Phillips in Guys. hosp. Reports 1869. Vol. XIV p. 436. Man könnte also, wenn man wollte, auf diesen Fall die weitere Argumentation des Herrn Koster stützen.

Ich bin aber mit anderen Anatomen der Ansicht, dass dem allgemeinen Plane nach, die Streckmuskeln der Finger der Hand sowie die der Zehen des Fusses, gleich den Beugemuskeln derselben, in zwei Schichten angeordnet sind. In der oberflächlichen Schichte liegt der Extensor digit. communis und der Extensor digiti minimi; in der tiefen der Extensor pollicis brevis, pollicis longus und indicis. Diese tiefe Schichte ist zerklüfteter, schwächer und unvollständiger entwickelt, als die tiefe Schichte der Beugemuskeln; ihre Zerklüftung ermöglicht aber einen isolirteren Gebrauch der einzelnen Finger, was für den kleinen Finger auch durch einen von dem gemeinschaftlichen Strecker gesonderten Kleinfinger-Strecker erzielt wird. Der Mittel und Ring-Finger erhalten beim Menschen in der Regel keinen eigenen Streckemuskel und Sehne aus der tiefen Schichte. Bei den Affen ist diese tiefe Schichte häufig weit vollständiger ent-

wickelt, als bei dem Menschen. Der Streckmuskel des Daumens giebt oft auch noch eine Sehne an den Zeigefinger ab; der Streckmuskel dieses Zeigefingers schickt ganz gewöhnlich auch noch eine Sehne an den Mittelfinger und auch noch an den Ringfinger, für die aber oft auch noch ein eigener Muskel vorhanden ist; aber es ist charakteristisch, dass durch diese verschiedene Anordnung der Muskeln der tiefen Schichte an der Hand der Affen, sehr selten ein isolirterer, sondern meistens nur ein combinirter Gebrauch der einzelnen Finger ermöglicht wird; weil meistens die Sehnen von zwei, selbst von drei Fingern in einem Muskel vereinigt sind, auch die Sehnen mehr untereinander zusammenhängen. Nur bei dem Gorilla findet sich ein gesonderter, aber nur sehr schwach entwickelter Extensor indicis proprius; zuweilen scheint dieser indessen auch ausnahmsweise als Varietät bei einem oder dem anderen Affen vorzukommen, wenigstens sah ich einmal bei einem Cynocephalus Sphinx einen solchen besonderen Extensor, der nur zum Zeigefinger ging.

Ich glaube ferner ebenfalls, dass es in diesem den Affen und dem Menschen gemeinschaftlichen Plane einer tiefen Schichte der Fingerbeuger begründet liegt, dass in der Anordnung derselben bei dem Menschen so viele Varietäten vorkommen, unter welchen alle Anordnungen bei den Affen sich finden können, obwohl auch solche vorkommen, die sich bei den Affen nicht finden, wie z. B. die von Herrn Koster beobachtete, oder eine von Prof. Rüdinger beschriebene, bei welcher alle Finger von der tiefen Schichte eine Sehne erhielten. Ob unter diesen Varietäten bei dem Menschen auch das gänzliche Fehlen eines eigenen Extensor indicis gerechnet werden kann, ist mir sehr zweifelhaft. Allerdings sagt Henle, wie Herr Koster angiebt, in seiner Anatomie, bei Beschreibung dieses Muskels: „Fehlt zuweilen ganz.“ Allein es ist nicht zu ersehen ob Henle diese Angabe nach

eigenen Beobachtungen macht, oder nur nach denen Anderer. Ich vermuthe Letzteres; finde aber in der ganzen mir zugängigen Literatur nur zwei Angaben über angebliches Fehlen dieses Extensor indicis, nämlich von Moser in Meckels Archiv Bd. VII, und von Luschka in dessen Anatomie des Menschen. Abth. V. Die Glieder. In beiden Fällen war indessen ein kleiner „Supplementar Muskel" vorhanden, den Moser selbst nur für einen verkümmerten Extensor indicis proprius ansieht. Ich selbst habe in einer fast 45jährigen reichen Erfahrung nie diesen Muskel fehlen sehen. Sollte aber das Fehlen desselben wirklich vorkommen, so würde man dieses keineswegs als einen von den Affen überkommenen Atavismus betrachten können, denn diese besitzen den betreffenden Muskel, aber er geht bei ihnen nicht ausschliesslich zum Zeigefinger, sondern auch zum Mittelfinger; und selbst der von mir beschriebene Fall bei Pithecia hirsuta, kann kaum als ein Fehlen des Zeigefingerstreckers betrachtet werden, da der Muskel sich wirklich findet, aber nur zum Mittelfinger eine Sehne schickt, während der Zeigefinger zwei Sehnen vom langen Daumenstrecker erhält.

Ich betrachte es daher als fast a u s n a h m s l o s e R e g e l, dass sich bei dem Menschen ein eigener n u r für den Zeigefinger bestimmter Streckmuskel findet, und dass im Gegentheil ein solcher n u r für diesen Finger bestimmter Muskel, bei den Affen mit Ausnahme des Gorilla und vielleicht einzelnen Fällen immer fehlt. Alle möglichen oder wirklich beobachteten Varietäen bei dem Menschen in dieser Hinsicht, und deren Analogie oder Homologie mit ähnlichen oder gleichen Anordnungen bei den Affen, können an dieser für die unendliche Mehrzahl der Fälle geltende Regel und dem aus ihr hervorgehenden Satze Nichts ändern, dass sich die Hand des Menschen von der der Affen durch den Besitz eines solchen, n u r für den Zeigefinger bestimmten Streckmuskel, wesentlich unterscheidet. Die R e g e l und nicht

die Ausnahme bestimmt die Schlussfolge. Es wäre eine merkwürdige Logik, wenn die Ausnahme die Regel über den Haufen würfe.

Wenn wir nun aber zu gleicher Zeit sehen, dass der gestikulatorische, pantomimische Gebrauch der Hand, und in Sonderheit des Zeigefingers bei dem Menschen, den welchen der Affe etwa auch in dieser Hinsicht von seiner Hand macht, bei Weitem übertrifft, so sind wir vollkommen berechtigt, ja genöthigt zu sagen, dass der Besitz eines eigenen gesonderten Streckers des Zeigefingers ein „specifisch menschlicher" sei. Die Hypothese, welche Herr Koster aufstellt, „dass es einmal vorkommen könne, dass beim gleichzeitigen Secciren eines Orangs und eines Menschen beim Ersteren der „specifisch menschliche" Muskel zum Vorschein käme, während er an der menschlichen Hand nicht zu zeigen wäre", ist um so unberechtigter, da dieser Fall in Beziehung auf den Orang bis jetzt noch nie beobachtet wurde. Und wenn er wirklich einmal beobachtet würde, so würde er dennoch den „specifisch menschlichen" Charakter des Muskels nicht beeinträchtigen oder gar beseitigen, weil es sich dann immer nur um eine Ausnahme gegenüber einer fast ausnahmslosen Regel handeln würde. Die von Herrn Koster geäusserte Meinung, dass wenn der Affe ein menschliches Gehirn besässe, er von seinen Fingerstreckmuskeln denselben charakteristisch indicatorischen Gebrauch machen werde wie der Mensch, erinnert unwillkührlich an das bekannte Sprichwort: „Wenn das Wörtlein Wenn nicht wär, wär der Affe auch ein Bär." Ich würde übrigens auf diese Voraussetzung antworten, dass alsdann wahrscheinlich dieser Affe mit Menschengehirn, auch eine Menchenhand mit einem eigenen getrennten Streckmuskel für den Zeigefinger besitzen würde.

So viel also zur Richtigstellung der Thatsachen in Betreff des Extensor indicis proprius.

In Beziehung auf den Flexor pollicis longus der Hand des Menschen und der Affen, hat Herr Koster keine neuen Thatsachen vorgebracht. Hier bleibt es vorläufig dabei, dass erstens ein vollständiges Fehlen dieses Muskels bei dem Menschen, so viel ich weis, bisher niemals beobachtet wurde. Ich kenne zweitens auch keinen Fall in welchem eine Verschmelzung dieses Muskels mit dem Flexor digitorum communis profundus bei dem Menschen sich vorfand. Dagegen ist drittens kein anderer Fall eines selbständigen Flexor pollicis longus bei einem Affen bekannt, als der von mir beschriebene bei Pithecia hirsuta, und dieser ist so eigenthümlich, dass es sich sehr fragt, ob er nicht als eine individuelle Varietät an dem einzigen mir zu Gebot gestandenen linken Arm dieses Affen auftritt oder, was wahrscheinlicher ist, als zum Flexor digit. communn. sublimis gehörig zu betrachten ist. Der spindelförmige Muskelbauch entspringt, wie ich bei erneuter Ansicht mich überzeuge, hoch oben gemeinschaftlich mit dem Flexor digitorum communis sublimis, dem Extensor carpi radialis und dem Pronator teres von dem Condylus internus des Oberarms, also keineswegs wie der Flexor pollicis longus beim Menschen oder die zum Daumen gehende Sehne des Flexor digitorum communis prof. bei dem niedern Affen, von dem Radius und dem Ligam. inteross. Die schon über der Mitte des Vorderarms entstehende lange Sehne des Muskels läuft dann zwischen Flexor digit. commun. sublim. und profundus bis zur Handwurzel, woselbst sie mit dem Radialrand der breiten, noch ungetheilten Sehne des Flexor dig. comm. profundus in der Art in Verbindung steht, dass man sagen kann, dass Fasern dieser Sehne und vielleicht auch der zu ihr gehörigen vom Radius entspringenden Muskulatur sich mit jener verbinden und zum Daumen gehen. Es scheint mir hiernach begründeter diesen Muskel eher für das Homologon des in der Regel bei dem Menschen sich von dem Flexor dig. communis sublimis ablösenden

Verstärkungsbündel zum Flexor pollicis longus, als für diesen selbst anzusehen.

In Beziehung auf die übrigen Affen ist es zweckmässig hier hervorzuheben, dass bei den niedrigen Arten von der noch in der Handwurzel ungetrennten breiten Sehne des Flexor digitorum commun. profund. bald mehr von der Mitte ihrer Palmarfläche, bald mehr von ihrem radialen Rande, eine Sehne sich loslöst, welche zu dem Endgliede des Daumens geht, und die Stelle der Sehne des Flexor poll. longus vertritt. Man kann dann bald mehr bald weniger diese Sehne so von der ganzen Sehne künstlich trennen, dass man sie bis zu den von dem Radius entspringenden Fasern des ganzen Muskels verfolgen kann, ja dieses ist bei dem Hylobates sogar an einzelnen Händen und Armen in dem Grade der Fall, dass man sagen kann, der grösste Theil dieser vom Radius kommenden Muskelfasern gehört dieser Sehne zum Daumen an. Allein es ist sehr beachtenswerth, dass diese Sehne bei den übrigen Anthropoiden so schwach wird, dass sie nicht mehr in Verbindung mit der Sehne des Flexor digitorum communis bleibt, sondern von dem Lig. carpi volare oder von der Aponeurosis palmaris ausgeht, oder endlich ganz verschwindet, wie oft bei dem Gorilla, und wie es scheint bei dem Orang immer. Dann hat der überhaupt verkümmerte Daumen gar keine Spur eines langen Beugers mehr.

Dieses letztere Verhalten spricht, wie mir scheint, ausserordentlich dagegen, dass man den bei dem Menschen nie fehlenden Flexor pollicis longus einfach als die selbständig gewordene Radial-Portion des Flexor digitorum communis profundus der Affen auffasst. Man sieht, dass hier noch Etwas Anderes mit hienein spielt, und dieses kann nicht wohl Etwas Anderes sein, als der Gebrauch. Man könnte sagen: In dem Bauplan der Hand der Affen und der Menschen liegt ein langer Beuger des Endgliedes des

Daumens eingeschlossen. Bei einem mässigen Gebrauch desselben ist er, wie bei den niederen Affen noch nicht selbstständig, sondern mit dem Flexor digit. comm. profund. vereinigt. Wird er gar nicht gebraucht, so geht er ganz ein, wie bei den drei höheren Anthropoiden. Wird er aber in hohem Grade gebraucht und sein Gebrauch ein wesentliches Bedürfniss, dann entwickelt er sich selbständig kräftig wie beim Menschen. Aber was bestimmt diesen Gebrauch? Vielleicht die Entwicklung des Gehirns? Dann würde man fragen, was bedingt diese? und dann sollte man doch auch glauben, dass schon die Anthropoiden einen entwickelteren langen Daumenbeuger haben müssten, als die niederen Affen, da ihr Gehirn auch viel entwickelter ist. Man sieht, man wird dabei ganz in die vollständig unbeantworteten und unbeantwortbaren Fragen der individuellen Gestaltungsformen der verschiedenen Organismen verwickelt, über die keine Redensart Aufschluss gibt. Aber die Verschiedenheiten dieser Gestaltungsformen bleiben bestehen. Und wenn ich sehe, dass der Mensch einen Flexor pollicis longus besitzt, und beobachte, dass er dadurch zu einem grossen Theile zu dem umfassenden und vielseitigen Gebrauch seines Daumens und seiner ganzen Hand befähigt wird, so wie dass anderer Seits Beides den Affen und insbesondere den Anthropoiden fehlt, so werde ich nicht nur berechtigt, sondern sogar gezwungen sein zu sagen, dass sich in dem Besitz eines Flexor pollicis longus ein wesentlicher Unterschied zwischen Menschen- und Affen- Hand ausspricht.

Ich sehe aber weiterhin auch nicht ein, wie Herr Koster dadurch, dass er für eine Varietät oder eine anatomische Anordnung beim Menschen oder einen höheren Organismus überhaupt, eine Homologie oder Analogie bei einem niedrigeren Organismus aufgefunden hat, er für diese Anordnung oder Varietät durch die Belegung mit dem Namen eines Atavismus oder einer atavistischen, eine Erklärung der-

selben gegeben zu haben glaubt. Selbst wenn ich mich willig der Hypothese anschliesse, dass in dem ersten einfachsten Organismus der Keim zu allen anderen nachfolgenden eingeschlossen war, ebenso wie in dem Ei noch alle Theile des zukünftigen Organismus schon unentwickelt enthalten sind, wenn ich mich willig und gern der vortrefflich erfundenen Worte Phylogenie und Ortogenie bediene, kann ich doch in dieser Hypothese und diesen Worten nicht die mindeste Erklärung für die phylogenetische Entwicklung der gesammten Organismen noch der ontogenetischen oder atavistische Entwicklung des Einzelwesens erblicken. Die bewirkenden Ursachen und die Gesetze ihrer Wirksamkeit sind in beiden Fällen ganz unbekannt, und Worte wie: Anpassung, Vererbung, Zuchtwahl, Variabilität, Atavismus etc. geben darüber nicht den mindesten Aufschluss. Ich sehe also in der Nachweisung einer Varietät, als einer atavistischen Bildung auch nicht den mindesten Aufschluss über ihr Zustandekommen. Dennoch bin ich weit davon entfernt einen solchen Nachweis, wenn er wirklich gelingt, nicht für eine schätzbare Vermehrung unserer Kenntnisse über die organische Formbildung zu betrachten, nur darf man diese nicht als ein Verdienst der neueren Entwicklungslehre und als ein durch sie neu aufgestecktes Licht über diese organische Formbildung ansehen. Herr Koster kann doch unmöglich die Meinung der Laienwelt theilen, dass dieses Bestreben der Auffindung und Nachweisung der Analogien und Homologien der organischen Formen eine ganz neue Errungenschaft sei, die wir dem Darwinismus oder der neuen Entwicklungslehre verdankten, durch welche Meinung diese Lehre eben bei den Laien einen so grossen Beifall gefunden hat. Diese wissen freilich nicht, dass ein Aristoteles, Buffon und Cuvier, ein Owen, Meckel, Tiedemann, Oken, J. Müller etc. etc. ganz dieselben Zwecke verfolgten, und auch die Resultate ihrer Forschungen nur es sind, auf welche sich die

neueste Entwicklungslehre aufbaute, und jetzt durch rastlosen Eifer immer zahlreichere und schönere Thatsachen zur Aufklärung der organischen Formen zu Tage fördert. Aber eine Erklärung über ihr Zustandekommen muss man von ihr nicht erwarten und ihr noch viel weniger zuschreiben. Einstweilen würde es immer nur eine Thatsache sein, wenn eine Varietät in dem Verhalten des Streckers des Zeigefingers bei dem Menschen, eine Uebereinstimmung mit einem normalen Verhalten bei Affen oder anderen Thieren zeigte. Welche Umstände es veranlasst und mit Nothwendigkeit bedingt haben, dass bei diesem menschlichen Individuum diese von dem menschlichen Typus abweichende Bildung zu Stande kam, würde dadurch nicht im Mindesten erklärt sein.

Ich kann hiernach in dem Verfahren des Herrn Koster wieder nur einen jener Fälle erblicken, in welchem die unbedingten Anhänger der neueren Entwicklungslehre die Unterschiede der organischen Formen um jeden Preis möglichst fortzuräumen bemüht sind, auch wenn dieses nur auf Kosten der unläugbarsten Thatsachen geschehen kann. Ich glaube nicht, dass die Entwicklungslehre auf diese Weise gefördert wird, sondern nur dadurch, dass man die bestehenden Unterschiede offen anerkennt, und sich bemüht, deren Zustandekommen aufzuklären; freilich nicht blos mit Worten und schön gebildeten Kunstausdrücken, sondern durch Auffindung der formbildenden Kräfte und der Gesetze ihrer Wirksamkeit. So lange dieses nicht möglich ist, kann es nur ebenso schädlich sein, die bestehenden Unterschiede zu ignoriren oder zu bestreiten, als es nützlich ist, den wirklichen Uebereinstimmungen nachzugehen.

Herr Hermann v. Schlagintweit-Sakünlünski berichtet

über die Aufnahme neuen Beitrages von Sammlungsgegenständen aus Indien und Hochasien in das k. b. Ethnographische Museum (I),

sowie, in Betreff der landschaftlichen Ansichten, die während der Reisen von seinem Bruder Adolph und von ihm selbst ausgeführt wurden,

über erstes Einreihen von 12 Aquarellen in das k. Kupferstich- und Handzeichnungs-Cabinet (II).

Er meldet zugleich die hier folgenden Mittheilungen[1]) über die gebotenen Objecte, und zeigt von einigen der ethnographischen Gegenstände die Abbildungen; solche sind in grosser Anzahl in Verbindung mit der vergleichenden Untersuchung des ethnographischen Materiales und als Vorarbeit für die anthropologisch-ethnographischen Blätter des Atlas zu den „Results" schon gezeichnet.

---

1) Das Manuscript darüber hatte zur Zeit im k. b. Ministerium für Kirchen- und Schul-Angelegenheiten noch vorgelegen.

I.

Die neue Abgabe aus den Reise-Sammlungen an das k. Ethnographische Museum.

Einleitende Bemerkungen. — Verzeichniss nach Abtheilungen und Gruppen.

Zur Erläuterung der Zusammenstellung, welche ich in dem hier folgenden Verzeichnisse zu geben habe, sei es mir gestattet, in Kürze der allgemeinen Uebersicht nochmals zu erwähnen, welche ich in der December-Sitzung von 1877 in der k. Akademie als

> „Bericht über die ethnographischen Gegenstände unserer Sammlungen, und über Raumanweisung in der k. Burg zu Nürnberg"

sogleich nach Gewährung der Aufstellung durch S. M. den König vorgelegt habe.

In jener Abhandlung enthält Abschnitt A, der aus einer Abtheilung nur besteht, systematisch angelegt den Catalog der ethnographischen Raçentypen, hergestellt nach „plastischen Abformungen über Lebende" während unserer Reisen. Da die Dimensionen sowie die Modificationen der Bodengestaltung für die vertretenen Gebiete, von Ceylon bis Turkistán, sehr grosse sind, mussten auch die gesammelten Typen überall vielseitig ausgewählte und zahlreiche sein, um die zu bestimmenden Raçen möglichst unabhängig von individueller Verschiedenheit erkennen zu lassen. Die Reihen waren demnach gestiegen auf 275 Vorderköpfe nebst 30 Händen und 7 Füssen. Sie wurden als das Erste unseres wissenschaftlichen Materiales publicirt, in plastischer Reproduction; meist in Metall ausgeführt, für kleinere Museen auch in Gyps. Die J. A. Barth'sche Buchhandlung

hat sie in Commission übernommen, und es erfolgten, vor 20 Jahren schon, sehr rasch complete Metall-Aufstellungen in London, in Indien zu Calcutta und Madrás, in St. Petersburg, dann in Paris. Eine Auswahl, in solcher Metallform, für die k. ethnographische Sammlung in München hatte ich in meinem December-Berichte[2]) von 1877 zu melden.

Im Abschnitte B der genannten Abhandlung (S. 364—380) gab ich, ebenfalls systematisch gehaltene Uebersicht der sehr zahlreichen Objecte der Cultur und der Technik. Es wurden die Abtheilungen II — XX unterschieden; sie folgen sich in absteigender Reihe, von Kunst zu Gewerbe und Ackerbau übergehend.

Die Gruppen, die innerhalb der Abtheilungen angeführt sind, sind dabei meist als nicht sich coordinirte zu betrachten. Die Bezifferung der Gruppen bezieht sich vor allem auf die Vertheilung in der Aufstellung, welche dem Raume anzupassen war; diess veranlasste mich, dass Gegenstände von bedeutender Grösse den Gruppen entsprechend selbstständig beziffert wurden, während bei mittlerer Grösse zahlreich und möglichst vollständig das gegen-

---

2) Ich konnte dort Erwähnung beifügen der einige Jahre nach unseren indischen Reisen angefertigten Afrikanischen Raçentypen aus Marrokko, wobei 5 als ganze Büsten gegeben sind, und 21 als Vorderköpfe; ebenfalls in Commission bei J. A. Barth. — Das Abnehmen der Hohlformen war ausgeführt worden von meinem Bruder Eduard, als er am spanisch-marrokkanischen Kriege von 1859 und 1860 theilnahm. (Einige Jahre später ist er zu Kissingen gefallen, 10. Juli 1866.) Bei der Bearbeitung in positiver Form, die ich 1875 vornahm, konnte ich hier mehrere Individuen als Büsten herstellen; für diese hatte mir nemlich von Eduard auch Abformung des Hinterkopfes und photographisches Figurenbildniss vorgelegen sowie ausführliche Kopf- und Körpermessungen, nach Tabellen, die ich ihm entworfen hatte.

In Amerika hat dann, 1869, mein Bruder Robert Vorderköpfe von 9 Indianern abgeformt, die gleichfalls plastisch publicirt wurden; Verlag von Ed. H. Mayer, Köln und Leipzig, 1870.

seitig sich Ergänzende in den einzelnen Gruppen zusammengefasst ist.

In der ersten, autographirt gehaltenen Anlage des Cataloges, welche noch jetzt in den Sammlungsräumen selbst um so bequemer benützt werden kann, wurden, der Aufstellung entsprechend, die Gruppen nach den arabischen Ziffern und mit seitlich gestellter Angabe der Abtheilung aneinander gereiht. (Solchen autographirten Catalog habe ich im k. Ethnographischen Museum als Handexemplar abgegeben, wobei ich meine neue Uebersichtskarte Hochasiens[3]) noch einschalten konnte.)

Die Zahl der ethnographischen Gegenstände, deren Aufnahme jetzt genehmigt wurde, ist 49. In der hier folgenden Liste sind für die einzelnen Objecte, nebst Bezeichnung des Gegenstandes und Angabe der Fundstätte und der Verbreitung, solche Daten noch enthalten, welche für die Form oder für die Bestimmung derselben zur Erläuterung dienen.

Es ward mir möglich nach unseren Reisemanuscripten, auch dem Wunsche des Herrn Conservators Prof. Wagner entsprechend, hier ausführlicher zu berichten, als solches im allgemein gehaltenen Cataloge des Museums durchzuführen ist; auf diesen mich beziehend konnte ich jetzt, anderentheils, die sich ergebende definitive Bezifferung in der k. Sammlung, Nr. 4909 bis 4957, noch beifügen.

In der T r a n s s c r i p t i o n ist hier speciell bei jenen Gegenständen, welche mit „Bezeichnung nach Angabe der Eingebornen" schon für die erste Aufstellung während unseres Bearbeitens des Sammlungsmateriales zu versehen waren, nemlich mit U n t e r s c h r i f t e n unter Bildnissen in Rahmen, unter Cultusobjecten u. s. w., die feinere Unter-

3) Aus „Erläuternde Angaben über R e i s e n, B a n d IV", in math.-phys. Cl., 1880. 1; S. 1—32.

scheidung in der Wiedergabe der Modificationen der Laute noch beibehalten; die Details darüber gab ich im „Glossary“, „Results“ Vol. III 2^d part.[4])

In der späteren, für die Publicationen bestimmten Form unserer Schreibweise, welche sich der für jene Gebiete vorherrschend englisch erschienenen Literatur möglichst anzuschliessen hatte, ist dabei als abweichend vom Deutschen zu erwähnen: ch = tsch; j = dsch; z = weiches s; u. ähnl.

Auf jedem mehrsilbigen Worte ist von mir die Silbe, auf welche der Hauptton fällt, durch einen Accent bezeichnet.

Verzeichniss nach Abtheilungen und Gruppen.

II. Gemälde.

Abth.	Grpp.		Cat.-Nr.
		A. und B. Fürstenbilder, „sháhi-tasvír.“	
II.	19.	A. Lebensgrosse Portraits von Rájas; als indische Oelbilder ausgeführt, mit starkem Auftragen von Deckfarben und mit Auflegen von Gold in Blättchen. Mit Schrift und Rahmen; 2 Abbildungen: Maharája Sher Singh, Ranjít Singhs Sohn u. 1840—1843 Nachfolger als Herrscher des Sikh-Reiches	4909
		und	

---

4) Als Buchstaben, die sonst wegen der Wahl der Zeichen unverständlich wären, sind hier dž für dsch, tš für tsch besonders zu nennen.

Abth.	Grpp.		Cat.-Nr.
		Maharája Guláb Singh, König von Kashmir von 1846—1857	4910
		Beide aus Lahór im Panjáb.	
II.	22.	B. Miniatur-Bilder auf Elfenbein, mit Schrift und Rahmen.	
		2 Bilder aus der Déhli-Schule . .	4911 u. 12
		1 Bild aus der Lahór-Schule	4913

Zur Gruppe 19 hatte ich 1856 in Lahór nur 1 Bild noch erhalten können, Porträt Ranjít Singhs, der Anfangs dieses Jahrhunderts das grosse Sikh-Reich gegründet hatte; während des Sikh-Krieges von 1845 bis 1849 waren hier ungeachtet des vorsichtigen Auftretens der europäischen Führer, in den grossen Städten durch die Eingebornen des Heeres überall vielfache Zerstörungen vorgekommen.

In der Gruppe 22 wurde die ganze Reihe auf jene Gebiete ausgedehnt, die mit der älteren Cultur Indiens sich verbunden zeigen. Von Bengalen gegen Westen und Nordwesten bis zum Gebiete von Kábul reichend, ist hier die Zahl solcher Bilder auf 31 gestiegen. Auch in den Miniaturen ist mit dem Kopfe ein grosser Theil des Oberkörpers sowie Arm und Hand der einen Seite wenigstens gegeben.

Auffallend ist es an diesen indischen Bildern, dass Gesicht und Gestaltung des Kopfes recht gut angelegt, oft fein auch ausgeführt sind, dass es aber dessenungeachtet bei den anderen Körpertheilen an Sinn für entsprechende Richtigkeit der gebotenen Formen noch bedeutend fehlt. Gerade die allseitige Vereinigung des Schönen mit dem Wahren ist es, durch welche die classische Kunst des Alterthums in der Plastik so günstig sich auszeichnet; das

Gleiche gilt in Europa auch für die späteren Perioden hoher Kunstentwicklung in der Gemäldedarstellung historischen Characters, während in der Auffassung des landschaftlichen Bildes, für welche östlich von Europa nirgend befriedigender Sinn sich zeigt, selbst in Europa erst in verhältnissmässig neuer Zeit die Richtigkeit der Formen, die im Bilde als Ganzes sich verbinden, genügende Berücksichtigung gefunden hat.

Abth.	Grpp.		Cat.-Nr.
II.	23.	Glimmerschiefer-Bilder indischen Kastenwesens, mit Schrift und Rahmen. 3 Figuren, nemlich: ein „Chílamchī bĕrdár" oder Wasserbecken-Träger; ein „Bhísti" oder Wasserträger; ein „Máli" oder Gärtner	4914-16
		Die vorliegenden aus Hindostán.	
II.	24.	Bilder des Hindú-Cultus, aus Kashmír; grell bemalt. Auf Papier, das unmittelbar aus Pflanzenfasern hergestellt wird. Von den Eingebornen werden sie als einzelne Blätter conservirt, oder auch in der Form kleiner Bücher geheftet. (Jetzt zum Schutze unter Glas.) 6 Exemplare	4917-22

Die Gruppe 23 und 24 sind Gegenstände der Herstellung, sowie des Handels mit Bildern, unter den Hindú-Eingebornen über ganz Indien; auch jene aus Kashmír waren dort vorzugsweise für die Hindú-Kasten in Indien angefertigt worden.

IV. Modelle und Abformungen.

Abth.	Grpp.		Cat.-Nr.
IV.	103.	Architectur-Ornamente, durch Reiben auf Papier mit Schwarzwachs mechanisch copirt. Durchbrochene Marmorarbeiten aus Mussălmán-Architectur in monumentaler Construction. 3 Exemplare:	
		a) Gegenstand in älterer Form, die noch indischen Einfluss zeigt	4923
		Aus Allahabád.	
		b) und c) Neuere, höher entwickelte Formen im selbstständigen Style	4924 u. 25
		Aus Ágra, Zeit des 17. Jahrhunderts.	

VI. und VII.[5]) Tibetische Objecte des Búddha-Cultus, mit Einschluss der musikalischen Instrumente.

VI.	28.	Klosterstempel. In Holz geschnitten, mit grosser Inschrift auf den beiden Seiten der Platte. Dieser Stempel galt als besonderes Kleinod, da er aus „alter Zeit" schon stammte und doch sehr gut sich noch gebrauchen liess	4926
		Aus Central-Tíbet; vom Láma zu Saimonbóng in Síkkim erhalten.	

Die Buchstaben sind hier solche der normalen tibetischen Druckschrift, die nur aus Capitälchen

5) Untersuchung und Erläuterung der Gegenstände dieser beiden Abtheilungen ist von meinem Bruder Emil in seinem „Buddhism in Tíbet" gegeben; für Padmapáni p. 88, für die mystische Anrufung p. 120, u. a.

besteht; diese heissen „Vuchán“, im Gegensatze zu den in Handschrift auch gebrauchten kleinen Buchstaben, welche tibetisch „Vuméd“ benannt werden.

Abth.	Grpp.		Çat.-Nr.
VI.	30.	Gegenstände eines Eremiten-Láma.	
		a) Stufenhut, beklebt mit Papier aus Pflanzenfasern; dieser Hut dient bei den Functionen des Priesters auch als Altärchen und auf die Flächen der Treppe wurden heilige Gegenstände gestellt sowie Opfer niedergelegt . .	4927
		b) Rosenkranz, tibetisch „Théngpa“ genannt.	
		Von einer auch bei den Lámas seltenen Form, aus einer Reihe von Wirbelknochen einer Schlange bestehend .	4928
		a) und b) erhielt ich bei Narigún in Bhután.	

Nur im östlichen Himálaya, in Bhután nemlich und in Síkkim, hat sich der Buddhismus noch jetzt auf der indischen Seite dieser Gebirgskette so vollständig erhalten, dass er bis zur Tarái am Rande des Tieflandes herabreicht.

VI.	30.	Einfache Holzinstrumente.	
		c) Eine Clarinette	4929
		d) Eine Doppelpfeife	4930
		c) und d) aus Tíbet; sie wurden von wandernden Lámas bei sich geführt.	
VI.	38.	Buddhistische Gebettafeln in grosser Form; gedruckt, auf Pappe. Sie entsprechen der Gestalt der heiligen Steine an den Gebetmauern.	

Abth. Grpp. Cat.-Nr.

a) Das sechssilbige mystische Gebet der Anrufung Padmapánis im tibetischen Buddhismus: „Om máni pádme hum“ = „O, das Juwel im Lótus; Amen“ 4931

Die Buchstaben für máni pádme hum bilden hier, als Anagramm gehalten, ein gemeinschaftliches Ganzes, das in dieser Form Nam chu vangdán genannt wird; für die Silbe om sind ober dem Anagramm ein Halbmond angebracht und, als Symbol der Sonne, eine volle Scheibe, aus welcher eine Flamme spitz ansteigt.

b) Darstellung des auf einer Lotusblume sitzenden Gottes Padmapáni (oder, tibetisch, Chenrési), der als Förderer des Búddha-Cultus in der Gegenwart, dessgleichen als besonderer Schützer für Tibet, von allen Buddhisten am häufigsten angerufen wird 4932

a) und b), nebst anderen entsprechenden Darstellungen, sind aus tibetischen Klöstern wo sie gegen Opfer abgegeben werden.

Die Lotusblume ist dabei als Symbol „schönster Form“, als „Gestalt in Vollkommenheit“ gewählt. Wie die Untersuchung der buddhistischen Literatur jetzt ergeben hat, ist der Lotus in dieser die *Nymphaea Nelumbo L.* oder die Seerose. Früher war auch ein anderes Genus, das *Nelumbium* Linnés, und zwar *N. speciosum L.*, als dieser Lotus angenommen.[6])

6) *Lotus L.* als Genus in der systematischen Botanik ist gegenwärtig der Schotenklee in der Familie der Papilionaceen.

Ganz verschieden von der Blume des Búddha-Cultus ist der *Zizyphus*-Lotus, ein Judendorn aus der Familie der Rhamneen, welcher als Nahrungsmittel der Lotophagen des classischen Alterthumes angeführt wird. Er gilt als Baum mit essbaren Früchten, den Odysseus kennen lernte, an der Nordküste Afrikas längs der Strecke zwischen den gegenwärtigen Städten Tripolis und Tunis vorkommend. Botanisch ist er unserem in Südtirol cultivirten und dort auch verwilderten *Zizyphus vulgaris Lam.* nahestehend.

Abth.	Grpp.		Cat.-Nr.
VI.	39.	Gebettafeln in kleinerer Form, die von Lámas vertheilt werden.	
		a) Eine Votiv-Tafel, welche im Texte des Gebetes eine leere Stelle frei hat, wo vom Priester der Name des Opfernden eingeschrieben wird.	4933
		b) Abdruck des Om máni etc.-Gebetes von einer geschnittenen Holzplatte.	
		In der normalen tibetischen Druckschrift; ausgeschrieben	4934
		Beide von wandernden Lámas im westlichen Tíbet.	
VII.	71.	Tibetische Doppelpanke; mit Gebetinschriften auf den 2 Pergamentflächen, wobei die Schriftzeichen in symetrisch getrennte Theile der Kreisflächen vertheilt sind. Statt der Anwendung von Schlegeln sind Holzknoten an Schnüren hier angebracht, die bei entsprechendem Drehen und	

Abth. Grpp. Cat.-Nr.

Schwingen des Instrumentes gegen die Pergamente anschlagen 4935

Aus West-Tibet.

VIII. Waffen.

VIII. 99. Ein Schild; in der normalen indischen Form des „Dhāl." Aus starker Ledermasse, von runder Gestalt, mit Ornamenten 4936

Aus Central-Indien.

VIII. 100. Rüstungsgegenstände der Sikhs.

a) Kettenhemd mit Aermeln; aus gebogenen Eisenplättchen, die unter sich in sehr beweglicher Weise verbunden sind 4937

b) Panzer aus Rundplatten, welcher verhältnissmässig kleine Metallbedeckung des Oberkörpers bietet. Er besteht aus 4 gegen die Mitte etwas gewölbten Eisenplatten mit runder Basis, für welche gewöhnlich der Durchmesser nur wenig über Handlänge hat.

Sie sind mit Lederstreifen unter sich verbunden und wurden am Oberkörper in halber Höhe umgeschnallt . . . 4938

a) und b) aus Lahór im Panjáb.

Von den Eingebornen werden die Rundplatten-Panzer „Schicksals-Panzer" benannt, weil sie weniger Schutz bieten als die entsprechenden Panzer aus grossen rechtwinkligen Metallplatten.[7]) Dessen-

---

7) Letztere, die ebenfalls in unserer Sammlung noch vertreten sind, Gruppe 94 c und Gruppe 95, waren meist ornamental ausgeführt und

ungeachtet waren sie, weil leichter herzustellen, zur Zeit der Herrschaft der Sikhs sehr verbreitet.

Sehr verschieden von den europäischen Panzern, die aus 1 Brusttheil und aus 1 Rückentheil bestehen, sind auch die Panzer der Sikhs aus grossen Metallplatten; man macht sie ebenfalls aus 4 Platten bestehend, um die Beweglichkeit nur wenig zu beschränken. Bei jener grossen Form sind die Platten auf Brust und Rücken von gleicher Grösse und haben, möglichst breit dabei, eine längliche Fläche; die beiden seitlichen unterhalb der Achselhöhlen sind schmal, reichen ebenso weit nach abwärts, sind aber nach oben kreisförmig ausgeschnitten und sind so gekürzt.

Abth.	Grpp.		Cat.-Nr.
VIII.	107.	S c h i l d k r ö t e n - S c h i l d. Knochen wie dieser werden von den Bewohnern der südlichen Küstengebiete Indiens bisweilen auch jetzt noch in solch einfacher Weise als Schilde geführt und werden mehr oder weniger farbig bestrichen; doch kommen jetzt auch solche vor, bei welchen die Bemalung schon deutlich den Formen von Sculptur-Ornamentik sich nähert	4939
		Aus dem Maláyen-Gebiete Südindiens.	
VIII.	110.	S c h w e r t d e r G ó r k h a s; stark sichelförmig gekrümmt, der innere Rand ist die Schneide. Aehnliche Gestaltung ist characteristisch für die viel kleineren Dolche	

vergoldet; mit diesen sind auch sehr schöne Schienen für die Vorderarme und die Hände verbunden.

Abth. Grpp. Cat.-Nr

der Górkhas, sowie für die Opfermesser ihrer Priester 4940

Aus Nepál.

VIII. 120. Schwert sehr alter indischer Form. Mit Dolchspitze am unteren Ende des Griffes. Der Griff ist spiralförmig mit einem langen Streifen umwunden, welcher von der äusseren Fläche einer Rohrpflanze abgetrennt ist. Jetzt Waffe bei den Resten der Aboriginer-Stämme 4941

Aus Central-Indien.

VIII. 124. Altindische ornamentirte Metallspitze eines Speeres . . 4942

Aus Hindostán.

XI. Kleidungs-Stücke.

XI. 35. a) und b) Ein Paar tibetische Stiefel; vorherrschend aus weichen Stoffen bestehend und nur in trockenem Klima zu tragen . . . . . . 4943 u. 44

Aus Ladák.

Etwas verschiedene Formen von Stiefeln, auch 2 Paar tibetischer Schuhe, sind noch in Nürnberg aufgestellt.

XVII. Kleinere Haus- und Hand-Geräthe.

XVII. 82. Cultus-Geräthe zum Hausgebrauche.

a) Altindischer Oelbrenner der Bráhman-Kaste 4945

Aus dem Ganges-Gebiete in Bengalen.

Abth. Grpp. Cat.-Nr.

b) Oelbrenner, einfachster Form, der Súdra-Kaste. Noch nicht gebraucht 4946

Aus dem nordwestlichen Indien.

c) „Bail" (unser „Bulle") oder Stier, das heilige Thier der Cultur; roh gearbeitet 4947

Aus Südindien.

XVII. 137. Kleinere Hausgeräthe.

a) Opium-Pfeife. 4948

Aus Hindostán.

b) Jūt-Strick; aus Fasern von Corchorus-Arten 4949

Von Nágas im Sādiya-Bazár in Ober-Assám erhalten.

XX. Agriculturgeräthe; Instrumente und Maasse.

XX. 138. Die indischen Pflüge.

a) Die leichte Form des „hāl" oder Pfluges; für Indien im allgemeinen die häufigste 4950

Aus Central-Indien.

Die Deichsel ist gekrümmt, und es wird Scharre mit Deichsel beim Marsche vom Arbeiter getragen, wobei die Deichsel in der Krümmung auf seinem Kopfe liegt; es ist neben der Scharre keine Vorrichtung angebracht, den Pflug umlegen und fortschleifen zu können.

Beim Pflügen ist er mit Zebu-Ochsen, *Bos indicus L.*, bespannt.

b) Die schwere Form des Pfluges, mit breiter massiger Scharre aus Holz und

Abth. Grpp Cat.-Nr

mit einer kleinen Eisenplatte auf der Spitze des Holzes. Im Osten, auch in Hinterindien ist diess der gewöhnliche Pflug 4951

Aus Assám.

Auch dieser Pflug wird während des Transportirens vom Arbeiter getragen; wegen seiner Schwere wird er auf die Schulter gelegt.

Bespannung für diesen Pflug ist fast immer der indische Büffel, *Bos Arni Shaw*, der in Assám selbst wild noch vorkömmt.

XX. 139. Modell der indischen Getreide-Mühle, die durch Zebu-Ochsen zu bewegen ist 4952

Aus Audh.

XX. 140. Der tibetische Dreschflegel, breit und flach. — (In Indien wird nicht gedroschen, sondern vom Vieh „ausgetreten").

Wegen der Seltenheit grossstämmigen Holzes in jenem trockenen Hochlande sind für den Dreschflegel allgemein, wie hier, kleinere Stöcke brettartig neben einander gebunden um die Keule zu ersetzen 4953

Aus Gnári Khórsum.

Der Pflug aus den tibetischen Gebieten, der ebenfalls in unserer Sammlung vertreten ist, hat eine noch mehr ungewöhnliche Gestaltung; solche ist für den Pflug bedingt durch die schwache Humusschicht, welche dünn selbst auf dem Gerölle der Thalstufen lagert. Statt einer nach vorne spitzen

Pflugscharre ist hier, rechtwinklig auf die Deichsel gestellt und bei der Bespannung des Pfluges meist in einem Winkel von 30 Grad in die Oberfläche des Bodens eingreifend, der Quere nach eine Scharre angebracht. Man kann durch die Winkelstellung die man ihr gibt, bedingen, dass sie etwas mehr oder etwas weniger eingreift, bis zu einer Tiefe, wobei sie nur, soweit es bei der Dicke der Erdschicht günstig ist, die obere Lage des Bodens aufhebt und umwühlt.

Seit ich Gelegenheit hatte, im Januar 1863, in unserem Gartenbau-Vereine diesen Apparat in Verbindung mit den anderen Culturgeräthen des Ostens zu besprechen, hat durch Herrn Director K. von Effner diese Construction auch bei uns practische Anwendung gefunden, nemlich um Gräser und kleine Kräuter, wo es nöthig ist, am leichtesten von Wegen und anderen Flächen zu entfernen, die nur zur Kiesbedeckung bestimmt sind.

(Die Reihe der Pflüge, gesammelt während unserer Reisen, die wohl für jene Gebiete ziemlich complet sein dürfte, besteht aus 7 Formen, die, als verschieden unter sich, gut zu erkennen sind.[8])

Abth.	Grpp.		Cat.-Nr.
XX.	141.	Die indische Egge oder der „héngā.“ Gleich einem vergrösserten Rechen, mit 1 Reihe von Zähnen . . . . Aus Bengalen.	4954

8) Für den Pflug in seiner Entstehung und in seiner Entwicklung bei den Europäern kann genannt werden: „Geschichte des Pfluges, von Rau“, Heidelberg 1845; für die Technik der Neuzeit, u. a.: „Landwirth. Maschinenlehre, von Reitlechner“, Wien 1869.

In dieser einfachen Form sehr verbreitet, auch in Tíbet und in Hinterindien. Es wird jedoch auch ein Ackergeräthe Namens die „mái" oder „máhi" als „Abflacher" statt der Egge angewandt. Das Wort bedeutet zunächst „die Leiter", und das Geräthe entspricht dem Stücke einer Leiter oder auch eines Brettes mit voller Fläche, das, viel steiler eingreifend als der tibetische Pflug, über den vorher gepflügten Boden zum Einebenen fortgezogen wird.

Abth. Grpp. Cat.-Nr.

XX. 142. Joche für das Zugvieh.

a) Joch für 1 Paar Zebu-Ochsen von mittelgrosser Raçe.

Das Joch drückt gegen den Fleischhöcker und gegen den ersten Rücken wirbel unter dem Höcker. — Dieses Joch hat Querholz oben und unten, und es sind von den 4 verticalen Verbindungshölzern die beiden äusseren beweglich; man kann so beim Bespannen mit Zugvieh die beiden Räume öffnen und schliessen 4955

Aus Bengalen.

b) Joch für die Arni-Büffel, sowie für grosse Zebu-Raçen.

Auch dieses liegt auf dem Halse, gegen den Rücken drückend, und ist schwerer. — Die Verticalhölzer sind hier alle beweglich und haben kein unteres Querholz; jedes Paar wird durch Stricke unten geschlossen . . 4956

Aus Assám.

Ein Holzjoch, ohne unteres Querholz, verschieden in Stärke je nach der Grösse der Thiere, haben auch, als Gestelle, die oft reich verzierten Geschirre der indischen Zebus, wenn die Thiere an Paradewagen der Bráhmans oder bei Reisen an die Wagen hoch gestellter Hindús gespannt werden.

Das Joch für die Raçen des europäischen Rindes und für den Büffel im südlichen Europa wird aber derartig befestigt, dass es an der Stirne des Zugthieres aufliegt. Wenn 1 Paar zusammengespannt ist, war das Joch auch in Europa bis vor kurzer Zeit ein gemeinschaftliches. Die verhältnissmässig neue Form, das an jedem der Thiere einzeln angebrachte Stirnholz in Verbindung mit Strängen, sahen wir in Indien nirgend angewendet.

Abth.	Grpp.		Cat.-Nr.
XX.	155.	Grosses Bambus-Rohr. Der äussere Umfang dieses Stückes, in seiner halben Länge, ist 9·1 engl. Zoll = 0·23 M.; die Länge ist 4 F. 2·7 Zoll = 1·29 M. Zahlreiche, systematisch verschiedene Formen der Bambus-Gruppe erreichen, noch im Klima subtropischen Standortes, bei genügender Feuchtigkeit diese bedeutende Grösse	4957

Aus Mámlu, im Khássia-Gebirge; gefällt am Südrande der Erhebung, bei Tangvái.

Die Bambus-Gewächse sind überall innerhalb der warmen östlichen Gebiete Asiens, sowohl bei Benützung in solch mächtiger Grösse als auch da, wo nur Pflanzen von geringer Grösse oder die oberen kleinen Theile der grossen Vegetationsformen anzuwenden sind, von ganz besonderem Werthe

für die Constructionen sowie für die Geräthe-Herstellung der Völker.

Rohre wie dieses werden unter anderem, selbst im feuchten Khássia-Gebirge, wo die Tiefe der Erosionsformen für viele der bewohnten Orte Wassertragen noch nöthig macht, in sehr einfacher Weise als Wassergefässe leicht verwendet. Es werden in solchen Stücken die Zwischenboden herausgelöst, und den sich ergebenden hohlen Cylindern wird eine Länge von nahezu Manneshöhe gelassen. Im Gebrauche werden 2 nebeneinander gebunden und in der Art auf dem Rücken des Trägers angebracht, dass ein breites Tragband ober der Stirne auf dem Kopfe aufliegt, wobei ein Viertel etwa der ganzen Röhrenlänge noch den Kopf überragt.

II.

Die Auswahl von Aquarellen

für das k. Handzeichnungs-Cabinet im Jahre 1880.

Im Anschlusse habe ich auch der Auswahl einiger unserer landschaftlichen Ansichten zu erwähnen, welche in sehr anerkennender Weise als die erste Reihe aus denselben in die k. Sammlung der Handzeichnungen aufgenommen wurden. Diese Bestimmung über dieselben ist für mich um so wichtiger, da zugleich auf meinen Wunsch die weitere Benützung für die Publicationen mir gestattet blieb; es traf sich, dass nur 2 derselben[9]) bis jetzt schon erschienen sind.

Allgemeine Uebersicht der ganzen Reihe habe ich, als „Inhalt des Landschaften-Cataloges" im Sitzungs-Berichte d. d. 8. Nov. 1879, S. 18 bis 20 gegeben; für die Zahl der Ansichten sowie für die Ausdehnung der Gebiete, welche in denselben vertreten sind, war es günstig, dass mein verstorbener Bruder Adolph, der Mitarbeiter an denselben, und ich selbst fast immer getrennten, oft weit unter sich entfernten Reisewegen folgen konnten.

Ueber die Art der Aufnahme bei Gegenständen von bedeutender Grösse ihres Horizontalwinkels ist speciell zu erwähnen, dass diese als Panoramen, „mit gleichem linearen Werthe der Winkeltheile längs des ganzen Horizontes" angelegt sind.

---

9) Die Ansicht des Sees bei Srinágger in Kashmír, im Atlas zu den „Results"; als Holzschnitt, Garten und Teich bei Bombay.

Landschaften mit Bezeichnung als „Rundsicht" sind für die Ebenen und die kleineren Gebirge Indiens jene der Gruppe I des Cataloges, für Hochasien jene der Gruppe XII; im Hochgebirge hatten sich auch manche Ansichten in den Gebieten der Gletscher, der Salzseen, sowie an hohen Kämmen geboten, deren Formen zur Wiedergabe des Characters diese Anlage bedingten. Auf den erläuternden Pauseblättern, welche allen grossen Ansichten beigegeben sind, ist Zahlenwerth des Winkels in Längenmaass dann stets beigefügt.[10])

Bei einer ersten cursorischen Auswahl „von etwa 30 Ansichten nach Verschiedenheit der Gebiete und der Art der Gegenstände" waren in Gemeinschaft mit Herrn Conservator Anton Zwengauer theils Tonskizzen theils Aquarelle aus zehn der von mir unterschiedenen Gruppen vorgelegt werden.[11])

Für 12 dieser Ansichten und zwar für solche, die als Aquarelle gehalten sind, wurde von Herrn Director Ferdinand Rothbart das Einreihen in das k. Cabinet bestimmt; das Verzeichniss derselben, wie es auch hier jetzt beigefügt ist, enthält nebst den geographischen Coordinaten in Kürze noch Citat, wo in den „Reisen" specielle Besprechung des Gegenstandes oder andere Daten über den Typus des Gebietes sich finden.

Mit „A." sind die Landschaften und Architecturen meines Bruders Adolph signirt, mit „H." die meinen. Bei den Angaben der Positionen sind die Längen auf Greenwich bezogen; Greenwich westlich von Paris = 2° 20′ 57″. Die

10) Besprochen in „Reisen" Band II S. 256—258.

11) Für diese zeigt sich „Gruppe" und „Gen.-Nummer", wie sie im k. Directorium, nebst meinem Cataloge mit Benennung des Gegenstandes, gleichfalls jetzt abgegeben sind, in den folgenden Reihen: I 9, 19; VI 119, 120, 123; VIII 161; IX 202; X 254; XI 296, 313, 334, 335, 336, 350; XII 357; XIII 381, 398; XIV 413, 414, 422, 428, 430, 462, 463; XV 482; XVII 556, 565; XVIII 582; XIX 604; XX 675.

Höhen, über Meeresniveau als Basis, sind engl. Fuss; 1000 engl. Fuss = 304·79 Meter. (=) bedeutet „wenig über Meereshöhe."

I. Aufnahmen in Rundsicht aus Indien.

9. Fuss des Khássia- und des Jáintia-Gebirges; vom Súrma-Flusse aus.

Südwestlich von Silhét* in Ost-Bengalen . . . . Gen.-Nr. 9;
H. 1855, Sept. 20.

* N. Br. 24° 53'. Oestl. L. v. Gr. 91° 47'. Höhe (=).

Bespr. in „Reisen" Band I, S. 250 bis 259.

19. Hochstufe von Alluvialboden, zwischen dem Indus- und dem Jhílum-Flusse; bei Déra Ismáel Khan*, im Pănjáb . . . . Gen.-Nr. 19;
A. 1857, Febr. 28.

* N. Br. 31° 39'· 6. Oestl. L. v. Gr. 70° 56'· 5. Höhe 478 F.

Temperatur in „Reisen" Band IV, S. 468 und 469.

II. Oestliche Ghāts und Karnátik.

9. Die östlichen Ghāts von Káre aus, 6 engl. Meilen von Utatúr*; in Südindien . . . . Gen.-Nr. 119;
A. 1856, März 4.

10. Umgebungen von Utatúr* und Pádalur, nahe dem Káveri-Flusse; in Südindien . . . . Gen.-Nr. 120;
A. 1856, März 4.

*„Utatúr", (für 119 und 120): N. Br. 11° 0'. Oest. L. v. Gr. 78° 50'. Höhe, mittlere, 250 F.

Bespr. in „Reisen" Band I, S. 179 und ff.

IX. Bäume und Vegetationsformen.

2. Garten und Teich auf der Insel Bombay*, bei Beach Candy . . . Gen.-Nr. 202; H. 1854, Ende Nov.

*Lage des „Bombay-Observatoriums:"

N. Br. 18° 53'· 5. Oestl. L. v. Gr. 72° 49'· 1. Höhe (=).

Besprochen und als Holzschnitt gegeben, („Ausland", 26. Aug. 1865) in Klimatologische Bilder aus Indien und Hochasien. Allgemeine Daten in „Reisen" Band I, Cap. V.

XI. Wohngebäude der Eingebornen, Brücken, Dörfer etc.

36. Khássia-Steinsäulen, bei Chérra Púnji*; im Khássia-Gebirge . . . Gen.-Nr. 313; H. 1855, Oct. 11.

*N. Br. 25° 14'· 2. Oest. L. v. Gr. 91° 40'· 5. Höhe 4125 F.

Bespr. in „Reisen" Band I, S. 513 und 514.

73. Haus des „Gópa" oder Vorstandes zu Pangmíg* (auch Pangkóng genannt); in Núbra, im westlichen Tíbet . . . . Gen.-Nr. 350; H. 1856, Juli 29.

*Lage der heissen Quellen daselbst:

N. Br. 34° 47'. Oestl. L. v. Gr. 77° 36'. Höhe 10,538 F.

Bespr. in „Reisen" Band IV, S. 14 und 15.

XII. Panoramen aus Hochasien[12]): aus dem Himálaya, indische Seite, aus Tíbet und aus Turkistán.

4. Die Schneeketten von Bhután und Síkkim; aufgenommen vom Tónglo-Gipfel* im östlichen Himálaya Gen.-Nr. 327; H. 1855, Juni.

N. Br. 27° 1'· 8. Oestl. L. v. Gr. 88° 3'· 9. Höhe 10,080 F.

Der Kănchinjínga-Gipfel, nahe der Mitte des Bildes, hat:

N. Br. 27° 42'· 1. Oest. L. v. Gr. 88° 8'· 0. Höhe 28,156 F.

(Der Gaurisánkar, westl. links davon, und hier noch nicht gesehen, hat:

N. Br. 27° 59'· 3. Oestl. L. v. Gr. 86° 54'· 7. Höhe 29,002 F.)

Der Tónglo ist besprochen in „Reisen" Band II, S. 212 bis 219.

XIII. Oestlicher Himálaya.

20. Höhle durch Klüftung, in Felsen des Singhalíla-Kammes; in Síkkim Gen.-Nr. 398. H. 1855, Mai 30.

Lage des Falút, des nächsten Gipfels:

N. Br. 27° 13'· 7. Oestl. L. v. Gr. 87° 59'· 8. Höhe 12,042 F.

---

12) Erläuterung der 3 Hauptketten, „Himálaya, Karokorúm, Künlün", in Sitz.-Ber. der math.-phys. Cl., 1880, 1; mit Kartenskizze S. 9.

XIV. Westlicher Himálaya.

Spaltenformen in Glimmerschiefer, auf der linken Seite des Páju-Thales; bei Mílum in Kămáon . . . . Gen.-Nr. 428; A. 1855, Juni 12.

*N. Br. 30° 34'· 6. Oestl. L. v. Gr. 73° 22'· 7. Höhe 11,265 F.

Mílum's Umgebungen bespr. in „Reisen" Band II, S. 334 u. ff.

50. Der südliche Theil des Sees der Hauptstadt Srinăger,* in Kashmír Gen.-Nr. 462; H. 1856, Oct. 28.

*N. Br. 34° 4'· 6. Oestl. L. v. Gr. 74° 48'· 5. Höhe 5146 F.

Dieser und die Ansicht des nördlichen Theiles, Gen.-Nr. 463 von Adolph, sind in lithographischem Farbendrucke im Atlas zu Volume III der „Results" erschienen. Beide Theile sind als „Rundsicht" aufgenommen.

Bespr. in „Reisen" Band II, S. 410 bis 412.

XVIII. Salzseen und heisse Quellen.

3. Tso Gam,* kleiner Salzsee oberhalb des grossen Tsomoríri-Sees; im westlichen Tíbet . . . . . Gen.-Nr. 582; H. 1856, Juni.

*N. Br. 33° 10'. Oestl. L. v. Gr. 78° 34'. Höhe 14,580 F.

Bespr. in „Reisen" Band III, S. 518.

Berichtigung: In meiner Mittheilung d. d. 8. Nov. 1879, Seite 26 dieses Bandes, Zeile 8 von unten, ist zu lesen: linken statt: rechten.

Sitzung vom 5. Juni 1880.

Herr August Vogel sprach:

1) „Ueber die Verschiedenheit der Aschen einzelner Pflanzentheile."

Die Verschiedenheit der Aschen in den einzelnen Theilen der Bäume ist zuerst von Saussure nachgewiesen worden. Hiernach sind die unorganischen Bestandtheile nicht durch die ganze Pflanze gleichmässig vertheilt, sondern in ihren verschiedenen Organen sehr verschieden gruppirt. Die Asche der Wurzel, des Stammes unterscheidet sich wesentlich von der Asche der Blätter, Blüthen und Früchte. Diese Verschiedenheit bezieht sich besonders auf die Qualität der Asche. Die Asche der Eichenblätter enthält 47 proc., die Asche des Eichenstammes 38,6 proc. in Wasser löslicher Bestandtheile, die Blätterasche der Schwarzpappel (Populus nigra) 36 proc., die Stammasche 26 proc. in Wasser löslicher Bestandtheile. In den Blättern des Haselstrauches fanden sich 26 proc., in den Zweigen 24,5 proc. in Wasser löslicher Aschenbestandtheile. Bekanntlich enthalten nach Liebig die Cerealien in der Samenasche gar keine in Wasser löslichen Bestandtheile, während diese in der Strohasche sich nicht in unbedeutender Menge finden.

Im Anschlusse an die Saussure'schen Versuche habe ich die Asche von Pyrus malus untersucht und das Ver-

hältniss der in Wasser löslichen Aschenbestandtheile von Stamm, Blatt und Frucht zu 1 : 2 : 8 gefunden.[1]) Die phosphorsauren Salze nehmen vom Stamm bis zur Frucht um das Vierfache zu und zwar auf Kosten der kohlensauren Verbindungen, welche von 86 proc. in der Stammasche bis auf 45 proc. in der Fruchtasche sich vermindern. Auch die Menge des Eisens in der Asche vermindert sich vom Stamme bis zur Frucht.

Da es aus vereinzelten Versuchen selbstverständlich nicht möglich sein konnte, einen nur einigermassen allgemeineren Schluss zu ziehen, so habe ich im Verlaufe dieses Herbstes den Gegenstand wieder aufgenommen und die Versuche auf eine grössere Anzahl von Bäumen ausgedehnt. Wie bekannt variirt die Qualität der Asche sehr wesentlich nach der Jahreszeit; in der Eichenblätterasche befanden sich im Mai 47 proc., im September dagegen nur 17 proc. in Wasser löslicher Bestandtheile. Hiernach war es nothwendig, das Untersuchungsmaterial zu derselben Zeit, in der Periode der Fruchtreife, zu verwenden. Dasselbe wurde in der zweiten Hälfte des Monates October v. Js. von den verschiedenen Bäumen genommen, so dass die einzelnen Pflanzentheile, Stamm oder Ast, Blatt und Frucht zusammengehörig waren. Die Bäume standen alle auf gleichem Boden und unter gleicher Behandlung. Herr Professor Dr. Raab hat durch gütige Betheiligung an diesen Versuchen mich zu besonderem Danke verpflichtet.

Da es sich bei diesen Versuchen eigentlich weniger um die Asche selbst, als um deren vergleichende Betrachtung handelt, so wurden vorzugsweise solche Pflanzentheile gewählt, welche leicht und vollständig eingeäschert werden konnten. Denn die Analyse von Aschen, welche auch nach anhaltendem Glühen noch 4 bis 5 proc. Kohle ent-

1) Gelehrte Anzeigen. B. 19. S. 86.

halten, dürften bei diesen vergleichenden Versuchen zu grossen Irrthümern Veranlassung geben.

Die Einäscherung geschah über dem Gasbrenner im Platintiegel, die Bestimmung der löslichen Aschenbestandtheile durch Behandeln und Auswaschen mit kochendem Wasser, die Bestimmung der Phosphorsäure durch Titriren mit Uran.

Es folgt nun die Zusammenstellung der Versuchsresultate in tabellarischer Form.

Pflanzenspezies	Pflanzentheile	Gesammtasche in %	In Wasser lösliche Aschentheile %	Gesammtgehalt an Phosphorsäure; in % der Asche
Crataegus azarolus	Holz	4,22	0,30	20,00
(Azarolapfel)	Blätter	8,83	0,47	19,60
	Frucht	1,16	0,53	15,80
(Pyra ariaria)	Holz	3,25	0,53	24,00
Winterbirn	Blätter	4,60	1,18	26,70
	Frucht	0,37	0,24	11,28
(Pyra pyraria)	Holz	4,20	0,38	18,00
Herbstbirn	Blätter	5,00	0,50	23,04
	Frucht	0,46	0,33	26,45
Pyrus malus	Holz	3,80	0,38	17,84
Grüner Winter-Rambour	Blätter	7,20	1,18	20,56
	Frucht	0,53	0,28	8,50
Malus spectabilis	Holz	3,63	0,60	22,50
	Blätter	5,79	2,03	28,67
	Frucht	1,31	0,90	20,48

Pflanzenspezies	Pflanzentheile	Gesammtasche in %	In Wasser lösliche Aschentheile %	Gesammtgehalt an Phosphorsäure; in % der Asche
Cydonia japonica	Holz	3,71	0,42	24,83
Japan-Quitte	Blätter	6,95	1,62	15,36
	Frucht	0,65	0,38	21,40
Prunus domestica	Holz	7,90	2,30	17,30
(Zwetschge)	Blätter	3,60	0,43	20,00
	Frucht	0,40	0,22	15,36
Prunus insititia	Holz	5,00	0,48	16,89
(Wilde Pflaume)	Blätter	9,69	2,176	15,96
	Frucht	1,00	0,44	13,90
Juglans fertilis	Holz	4,20	0,58	24,70
(Zwergnuss)	Blätter	7,00	0,18	27,61
	Frucht	2,10	0,50	43,73
Sambucus nigra	Holz	1,10	0,08	42,00
(Holländer)	Blätter	5,40	1,28	16,20
	Frucht	2,33	1,70	21,00

In folgender Tabelle ist angegeben, wie viel lösliche Salze 100 Theile der Gesammtasche an Wasser abgeben, und in welchem Verhältnisse diese löslichen Mengen in den verschiedenen Pflanzentheilen zu einander stehen.

Spezies	Pflanzentheile	% der löslichen Aschentheile	Verhältniss
Crataegus azarolus	Holz	0,71	
	Blätter	5,30	1 : 7,5 : 65
	Frucht	46,00	
Winterbirn	Holz	16,30	
	Blätter	25,70	1 : 1,57 : 4
	Frucht	65,00	
Herbstbirn	Holz	9,00	
	Blätter	9,00	1 : 1 : 8
	Frucht	72,00	
Grüner Winter-Rambour	Holz	10,00	
	Blätter	16,40	1 : 1,6 : 5,3
	Frucht	53,00	
Malus spectabilis	Holz	17,00	
	Blätter	35,00	1 : 2,06 : 4
	Frucht	68,00	
Cydonia japonica	Holz	11,20	
	Blätter	23,30	1 : 2 : 5
	Frucht	58,30	
Prunus domestica	Holz	12,00	
	Blätter	29,00	1 : 2,4 : 4,7
	Frucht	56,00	
Prunus insititia	Holz	9,60	
	Blätter	22,47	1 : 2,34 : 4,7
	Frucht	45,00	

Spezies	Pflanzentheile	% der löslichen Aschentheile	Verhältniss
Juglans fertilis	Holz	14,00	
	Blätter	25,70	1 : 1,8 : 1,7
	Frucht	23,40	
Sambucus nigra	Holz	6,00	
	Blätter	24,00	1 : 4 : 12
	Frucht	73,00	

Als allgemeines Gesetz dürfte sich ergeben, dass die Menge der in Wasser löslichen Aschenbestandtheile in der letzten Vegetationsperiode bei allen fleischigen und saftigen Früchten im Verhältniss zu den übrigen Pflanzentheilen am grössten ist; die geringste Menge findet sich im Holze, etwas mehr in den Blättern.

Die Phosphate sind in Stamm und Blättern quantitativ wechselnd, doch der Unterschied nicht bedeutend. Eine ganz auffallende Ausnahme macht das sehr markreiche Hollunderholz (Phosphorsäuregehalt der Holzasche 42 proc., Phosphorsäuregehalt der Blätterasche 16,2 proc.). Die fleischigen und saftigen Früchte, die verhältmässig wenig Samen enthalten, zeigen auch im Allgemeinen geringeren Phosphorsäuregehalt in der Asche, als Stamm und Blätter.

2) „**Ueber Natur und Ursprung des Gletscherschlammes vom Dachsteine am Hallstädter See.**“

In einer vor längerer Zeit ausgeführten Arbeit über die Zusammensetzung des Gletscherschlammes vom Dachsteine am Hallstädter See waren meine Versuche vorzugsweise der Zusammensetzung der organischen Bestandtheile jenes Materiales zugewendet.[2]) Ich habe damals schon auf Grund der Versuche meine Ansicht dahin ausgesprochen, dass die organische Substanz des untersuchten Gletscherschlammes nicht animalischen, sondern vielmehr vegetabilischen Ursprunges sein müsse. Der Stickstoffgehalt der organischen Substanz des Gletscherschlammes ist nämlich, wie ich gezeigt habe, so gering — derselbe beträgt nur 4,3 proc. —, dass eine auf animalischer Quelle beruhende Abstammung kaum gerechtfertigt erscheinen könnte. Ein geringer Theil der organischen Gebilde des Gletscherschlammes mag allerdings wohl durch die Zufuhr des Windes erklärt werden, da ja wie man weiss Spinnen und Insekten mitunter auf den Flächen der Gletscher vorkommen. Aber in keinem Falle ist die Annahme dieser Quelle hinreichend zur Erklärung der verhältnissmässig grossen Menge der im Gletscherschlamme enthaltenen organischen Substanz. Sie beträgt durchschnittlich 18,6 proc. Diess um so weniger, als auch die jüngst auf meine Veranlassung wiederholt angestellte mikroskopische Untersuchung des Gletscherschlammes bei bedeutender Vergrösserung nicht die mindeste Spur animalischer Ueberreste und Fragmente nachweisen konnte. Hiernach scheint es wahrscheinlicher, die vegetabilische Entstehung der orga-

2) Abhandlungen der k. Akademie d. W. II. Cl. VIII. Bd. III. Abth.

nischen Substanz des Gletscherschlammes anzunehmen. Dafür mag noch erwähnt werden, dass in der Asche des Gletscherschlammes keine Reaktionen auf Phosphorsäure wahrgenommen wurden. Die Annahme vegetabilischen Ursprunges der organischen Bestandtheile des Gletscherschlammes entspricht auch der Ansicht Hugi's[3]), welcher die Bildung des Gletscherschlammes auf dem Unteraargletscher der langsamen spontanen Zersetzung einer den Tremellen ähnlichen Masse zuschreibt, obgleich meines Wissens nach ihm bisher noch von keinem Beobachter diese räthselhaften Pflanzen gesehen und bestimmt worden sind. Hugi beschreibt nämlich die dieser Zersetzung zu Grunde liegenden Pflanzen als eine Materie, „welche im frischen Zustande schön hochgelb gefärbt, etwa 1,5 Centimeter dick, beim Berühren zerfliesst und schwarze Dammerde hinterlässt."

Bei Wiederaufnahme meiner früheren Versuche habe ich der Zusammensetzung der Mineralsubstanzen des Gletscherschlammes erneute besondere Aufmerksamkeit zugewendet, in der Absicht, die nach den Resultaten meiner früheren Arbeit noch offengelassene Frage wo möglich zu entscheiden, ob der Inhalt der zahlreichen kleinen Vertiefungen des Gletschers, welche den Gletscherschlamm enthalten, von einer Pflanze aus der nächsten Umgebung des Gletschers geliefert, oder ob derselbe aus einer grösseren Entfernung herzugeführt worden sei. Diess konnte nach meinen älteren Versuchen noch nicht mit Bestimmtheit behauptet werden.

Auf Platinblech geglüht nimmt der getrocknete Gletscherschlamm eine rostbraune Farbe an, von Eisengehalte bedingt und man bemerkt nach längerem Glühen deutlich einzelne Glimmerblättchen hervortreten. In ganz geringer Menge der Löthrohrflamme ausgesetzt schmilzt der Rückstand zu einem grauweissen blasigen Glase.

---

3) Alpenreise S. 372.

Während bei meiner ersten Untersuchung ein schwaches allerdings kaum merkliches Aufbrauchen bei Behandlung des geglühten Rückstandes beobachtet worden war, so ergab die nun vorgenommene Prüfung durchaus keine Kohlensäureentwicklung, woraus die vollkommene Abwesenheit von kohlensaurer Kalkerde in der Asche folgt.

Auf den ersten Blick muss diess in hohem Grade auffallen. Die nächste Umgebung des Dachsteines am Hallstädter See besteht auf zwei Stunden im Umkreis wie bekannt aus Kalkformation, Alpen- und Jurakalk. Will man nun annehmen, dass der untersuchte Gletscherschlamm aus Pflanzen, die auf diesem Untergrunde gewachsen, entstanden sei, so wäre es doch immerhin sehr ungewöhnlich, wenn in der Asche, beziehungsweise den Zersetzungsprodukten jener notorischen Kalkpflanzen keine Spur von kohlensaurer Kalkerde vorhanden sein sollte.

Die auf meine Veranlassung jüngst vorgenommene quantitative Analyse der Gletscherschlammasche stimmt mit der früheren sehr nahe überein. Dieselbe liefert für die Zusammensetzung des geglühten Gletscherschlammes in 100 Theilen folgendes Resultat:

Kieselsäure . .	65,41
Eisenoxyd . . .	10,03
Thonerde . . .	17,20
Kali	3,12
Natron	5,93
	101.69

Zum Vergleiche gebe ich hier das Resultat der früheren Analyse:

Kieselsäure . .	64,39
Eisenoxyd . . .	9,45
Thonerde . . .	28,91
Kali	2,31
Natron	6,48
	101,34

Die Differenzen der früheren und neueren Analyse der Gletscherschlammasche beruhen wohl zum Theil auf dem Umstande, dass bei den beiden Analysen verschiedene analytische Methoden zur Ausführung gelangten.

Es ergibt sich aus den angeführten Resultaten, dass die Natur der Mineralbestandtheile des Gletscherschlammes mit der Zusammensetzung des Feldspathes sehr nahe übereinkömmt.

Durch eine jüngst veröffentlichte Beobachtung[4]) bin ich veranlasst worden, die Asche des Gletscherschlammes speciell auf einen Gehalt an Kupfer zu untersuchen. Dieulafait hat nämlich in allen Pflanzen, welche auf Felsen des Urgebirges wachsen, ohne Ausnahme auf das Entschiedenste Spuren von Kupfer in der Asche nachgewiesen. Dagegen enthält nach seiner Angabe die Asche der auf reinem Kalkstein wachsenden Pflanze keine Spur von Kupfer. In der That ist es mir gelungen, in der Asche des Gletscherschlammes geringe Spuren von Kupfer zu entdecken.

Fällt man aus der mit Kali-Natroncarbonat aufgeschlossenen Masse, nach Abscheidung der Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd mit Ammoniak und lässt es einige Zeit stehen, so zeigen sich in dem vom Niederschlage abgegossenen Ammoniak deutlich die Reaktionen des Kupfers.

Hierin liegt nach meinem Dafürhalten ein neuer Beweis dass der Gletscherschlamm — d. i. der Inhalt der zahllosen kleinen Vertiefungen des Gletschers — nicht von einer in der nächsten Umgebung des Dachsteines am Hallstädter See stehenden Kalkpflanze, sondern vielmehr von einer aus der Ferne zugeführten Pflanze des Urgebirges herrühre.

---

4) Dieulafait, Compt. rend. 90. 703. „Ueber das normale Vorkommen von Kupfer in den Pflanzen, welche auf Felsen der Urgebirgsformation wachsen.“

Sitzung vom 3. Juli 1880.

Herr Klein spricht:

„Ueber unendlich viele Normalformen des elliptischen Integral's erster Gattung."

Der Hauptgesichtspunct, mit dem ich bisher in der Theorie der elliptischen Functionen gearbeitet habe, lässt sich mit zwei Worten kennzeichnen. Ich wünschte, dem Legendre'schen Modul $\varkappa^2$ nicht diejenige Alleinherrschaft zu lassen, welche er bisher fast unbestritten besass. Einmal muss er in manchem Betracht, wie diess bereits die Weierstrass'schen Vorlesungen gezeigt haben, hinter der rationalen Invariante J zurücktreten, andererseits aber bildet er als Modul zweiter Stufe das Anfangsglied einer unendlichen Kette von Moduln, die alle in vieler Hinsicht gleichberechtigt sind und eine gleichmässige Berücksichtigung verlangen. In meiner ersten der k. Akademie vorgelegten Arbeit[1]) zeigte ich in diesem Sinne, dass sich der Begriff der Modulargleichungen wesentlich erweitern lasse. Herr Gierster publicirte im Anschlusse hieran eine Untersuchung[2]), derzufolge die neuen Modulargleichungen für

1) Sitzungsbericht vom 6. Dec. 1879.

2) Sitzungsbericht vom 5. Febr. 1880.

zahlentheoretische Zwecke ebenso mit Nutzen verwerthet werden können, wie die früheren. Ich wünsche heute denselben Grundgedanken, allerdings nur in allgemeinen Zügen, nach einer dritten Richtung auszuführen, indem ich nicht nur, wie bisher, Modulfunctionen (von ω_1, ω_2), sondern doppeltperiodische Functionen (von u, ω_1, ω_2) in Betracht ziehe. Als einfachste Gestalt des elliptischen Integral's erster Gattung wählt man zumeist die Legendre'sche Normalform[1]):

$$\int \frac{dx}{\sqrt{x \,.\, 1 - x \,.\, 1 - \varkappa^2 x}}$$

Ich beabsichtige zu zeigen, dass ebenso einfache Normalformen des elliptischen Integral's erster Gattung existiren, in denen die Moduln dritter, vierter, fünfter etc. Stufe als Constante auftreten, so dass also die *Legendre*'sche Form nicht als Normalform schlechthin, sondern nur als solche zweiter Stufe erscheint, an die sich, den unendlich vielen Werthen von n entsprechend, unendlich viele Normalformen n^{ter} Stufe anreihen. Dabei möchte ich späteren Unter-

1) Dass man im Anschlusse an die gewöhnliche Behandlungsweise diese Form und nicht die aus ihr durch quadratische Transformation hervorgehende

$$\int \frac{dx}{\sqrt{1 - x^2 \,.\, 1 - \varkappa^2 x^2}}$$

als eigentliche Normalform betrachten soll, habe ich u. a. mathematische Annalen XIV, p. 116 auseinandergesetzt. Will man doch an letzterer festhalten, so operirt man, im Sinne der weiteren Auseinandersetzungen des Textes, mit einer Normalform vierter Stufe: $\sqrt{x}$ ist dann die Oktaederirrationalität (Annalen XIV, p. 155).

suchungen vorbehalten, zu beweisen, dass sich an jede dieser Normalformen in vollem Umfange analoge Untersuchungen anknüpfen lassen, wie man solche an die Legendre'sche Form in mannigfachster Weise angeschlossen hat.

Es kann sich bei einer solchen Theorie zuvörderst nicht um neue Thatsachen, sondern nur um neue Auffassung bekannter Thatsachen handeln. In der That sind meine ersten Sätze nichts Anderes, als eine Umstellung der bekannten Hermite'schen Sätze über Θ-Producte, wobei ich nur äusserlich, im Anschlusse an die Weierstrass'schen Vorlesungen, insofern eine Umänderung treffe, als ich statt der Function Θ, deren unendlich viele Formen für meine Zwecke gleichberechtigt sein würden, die nur in einer Form existirende Function σ setze.

Man betrachte verschiedene Producte aus je n Factoren σ:

$$\sigma(u - a_1) \cdot \sigma(u - a_2) \cdot \ldots \cdot \sigma(u - a_n),$$
$$\sigma(u - b_1) \cdot \sigma(u - b_2) \cdot \ldots \cdot \sigma(u - b_n), \text{ etc.,}$$

wo

$$\Sigma a = \Sigma b = \text{etc.}$$

sein soll. Dann behaupten die hier in Betracht kommenden Hermite'schen Sätze; dass der Quotient je zweier solcher Producte eine doppeltperiodische Function von u ist mit denjenigen Perioden ω_1, ω_2, die bei der Bildung der σ-Function benutzt wurden, sowie: dass sich alle solche Producte aus n unabhängigen derselben linear zusammensetzen lassen. — Ich schreibe nun, indem ich n unabhängige Producte dieser Art auswähle und unter $x_0, x_1, \ldots x_{n-1}$ homogene Variable, unter ϱ einen Proportionalitätsfactor verstehe:

$$
(1) \begin{cases}
\varrho x_0 = \sigma(u - a_1) \,.\, \sigma(u - a_2) \ldots \,.\, \sigma(u - a_n), \\
\varrho x_1 = \sigma(u - b_1) \,.\, \sigma(u - b_2) \ldots\ldots \sigma(u - b_n), \\
- \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \\
- \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \quad - \\
\varrho x_{n-1} = \sigma(u - n_1) \,.\, \sigma(u - n_2) \ldots\ldots \sigma(u - n_n).
\end{cases}
$$

Die x betrachte ich sodann, des kürzeren Ausdruck's wegen, als Coordinaten eines Punctes des Raumes von $(n-1)$ Dimensionen. In diesem Raume stellen die Formeln (1) eine Curve dar, die, in Folge der voraufgeschickten Sätze, das Geschlecht 1 und die Ordnung n besitzt. Ich will dieselbe eine elliptische Curve der n^{ten} Stufe nennen. Man kann die Variable u definiren, indem man sie als Integral an einer solchen Curve hinerstreckt; ich spreche dann von einem Integral der n^{ten} Stufe.

Die niedrigste in Betracht kommende Stufe ist natürlich die zweite, da es keine doppeltperiodischen Functionen der ersten Stufe gibt. Die zugehörige Curve ist die gerade Linie $\frac{x_0}{x_1}$ doppelt überdeckt, und, wie man leicht sieht, mit vier Verzweigungspuncten (sommets) versehen. Das Integral zweiter Stufe ist kein anderes, als dasjenige, welches man gewöhnlich als elliptisches Integral (erster Gattung) schlechthin bezeichnet, nämlich:

$$\int \frac{x_1\,dx_0 - x_0\,dx_1}{\sqrt{f(x_0, x_1)}},$$

wo f irgend eine homogene biquadratische Form von x_0, x_1 bedeutet, die, gleich Null gesetzt, die Lage der Verzweigungspuncte auf $\frac{x_0}{x_1}$ fixirt.

Für die dritte Stufe erhält man, wie bekannt, aus (1) die allgemeine Curve dritter Ordnung der Ebene $x_0 : x_1 : x_2$.

Ein Integral dritter Stufe ist also ein solches, welches an einer ebenen Curve dritter Ordnung hinerstreckt ist. Ich brauche hier nicht noch besonders an die elegante Schreibweise zu erinnern, die Aronhold für solche Integrale eingeführt hat. Nur das will ich betonen, um meiner Grundanschauung wiederholten Ausdruck zu geben, dass ich die Integrale dritter Stufe nicht etwa, wie man diess bisher fast durchgängig that, auf Integrale zweiter Stufe zurückführen, vielmehr dieselben einer directen Behandlung unterwerfen will. Dieselbe Bemerkung gilt natürlich hinsichtlich der Integrale der höheren Stufen. —

Die Integrale vierter Stufe werden sich auf die gewöhnliche Raumcurve vierter Ordnung beziehen, welche der volle Schnitt zweier Flächen zweiter Ordnung ist, die Integrale fünfter Stufe auf eine Curve fünfter Ordnung des Raumes von vier Dimensionen, etc. Was die algebraische Darstellung dieser höheren Curven angeht, so findet man dieselbe der Art nach ohne Weiteres durch den zweiterwähnten Hermite'schen Satz. Aus fünf fünfgliedrigen σ-Producten: x_0, x_1, x_2, x_3, x_4 lassen sich $\frac{5.6}{2} = 15$ Glieder zweiter Ordnung bilden, deren jedes an 10 Stellen des Periodenparallelogramm's gleich Null wird. Daher bestehen zwischen den fünf x $15 - 10 = 5$ quadratische Gleichungen, und unsere Curve erscheint als der Schnitt von fünf richtig gewählten Flächen zweiten Grades des Raumes von vier Dimensionen. — Aehnlich in allen höheren Fällen.

Alle diese „elliptischen Curven" besitzen nun in vielfacher Hinsicht analoge Eigenschaften. Sie haben z. B. alle nur zwei rationale Invarianten, die dem g_2 und g_3 des elliptischen Integral's entsprechen. Bei allen gibt es, den berühmten Formeln analog, die Hermite für $n = 2$[1]) und

1) Crelle's Journal Bd. 52.

Brioschi für $n = 3$[1]) gegeben hat, rationale Multiplicationsformeln vom Grade n^2, die ohne Weiteres das an der Curve hinerstreckte, richtig normirte Integral in

$$\frac{1}{n}\int\frac{dz}{\sqrt{4z^3 - g_2 z - g_3}}$$

verwandelen, etc. Ich will bei diesen allgemeinen Analogieen nicht verweilen, sondern gehe nunmehr sofort zur Besprechung des Hauptpunctes der heutigen Mittheilung über, nämlich zur Lehre von den (irrationalen) Normalformen, die man den Curven n^{ter} Stufe und damit den zugehörigen Integralen ertheilen kann.

Das Mittel zur Herstellung dieser Normalformen liegt einfach in einer geeigneten linearen Transformation der x, oder, was auf dasselbe hinauskommt, in einer geschickten Wahl der Constante $a_i, b_i, \dots n_i$ in Formel (1). Indem man diese Constanten gleich n^{ten} Theilen der Perioden wählt, erreicht man, dass in den algebraischen Gleichungen der Curve n^{ter} Stufe, und also auch im zugehörigen Integrale, nur noch wesentliche (invariante, aber irrationale) Constante vorkommen, und diese Constanten erweisen sich dann als Moduln der n^{ten} Stufe.

Ich kann diess heute nur für die beiden niedrigsten Stufen, die Neues bieten, einigermassen ausführen, nämlich für die dritte und die fünfte Stufe. Bei der dritten Stufe handelt es sich darum, die bekannte Theorie der Wendepuncte der ebenen Curven dritter Ordnung in Beziehung zu der früher von mir entwickelten Theorie der Moduln dritter Stufe (der Tetraederirrationalität) zu setzen. Die fünfte Stufe hat Herr Dr. Bianchi in letzter Zeit auf meine Anregung hin untersucht, und es sind wesentlich von ihm gefundene Resultate, die ich im Folgenden

1) Borchardt's Journal, Bd. 63, p. 30.

mittheile. Herr Dr. Bianchi wird eine ausführlichere Darlegung dieses Gegenstandes demnächst in den mathematischen Annalen veröffentlichen.

Bei den ebenen Curven dritter Ordnung erinnere ich an die Existenz der vier Wendepunctsdreiecke und an die Normalform, die man, nach Hesse, erhält, wenn man eins der Wendedreiecke als Coordinatendreieck zu Grunde legt. Bekanntlich lautet die letztere:

$$(2) \quad x_0^3 + x_1^3 + x_2^3 + 6\,a\,x_0\,x_1\,x_2 = 0.$$

Alles, was ich hier hinzufüge, ist, dass die hier vorkommende Constante a für das an der Curve dritter Ordnung hinerstreckte Integral die Tetraederirrationalität ist. In der That, man vergleiche die Formel, die etwa in Lindemann's Vorlesungen von Clebsch pag. 569 für den Zusammenhang der Grösse a mit der absoluten Invariante $\frac{S^3}{T^2}$ gegeben ist; mit der Gestalt, die ich in den mathematischen Annalen XIV, p. 154 der Tetraedergleichung ertheilte. Trägt man der Verschiedenheit der angewandten Bezeichnung Rechnung, so sieht man, dass beide Gleichungen genau übereinstimmen.

Man bilde jetzt das zur Curve (2) gehörige Integral. Dasselbe kann folgende einfache Form annehmen:

$$(3) \quad \int \frac{x_1\,dx_0 - x_0\,dx_1}{x_2^2 + 2\,a\,x_0\,x_1},$$

oder auch eine der beiden anderen Formen, die aus dieser durch cyclische Vertauschung der x_0, x_1, x_2 entstehen. Hier haben wir nun, was ich als Normalform dritter Stufe bezeichne. Die in (3) vorkommenden Variablen sind durch die Gleichung (2) verknüpft; aber in beiden Ausdrücken, (2) und (3), kommt nur eine Constante (ein Modul) vor: die Tetraederirrationalität.

Bei der Normalform fünfter Stufe musste Herr Dr. Bianchi mit der in (1) enthaltenen transcendenten Definition beginnen, da ja die algebraische Definition der Curve erst zu finden ist. Uebrigens erkennt man sofort, dass die Curve fünfter Stufe, den 9 Wendepuncten der Curve dritter Ordnung entsprechend, 25 singuläre Puncte besitzt, in denen je eine Ebene fünfpunctig schneidet. Diese fünf und zwanzig Puncte liegen sehr oft zu je 5 in einer Ebene, und aus diesen Ebenen lassen sich, den vier Wendedreiecken der ebenen Curve dritter Ordnung entsprechend, insbesondere sechs ausgezeichnete Pentaeder zusammensetzen. Legt man eins derselben als Coordinatenpentaeder zu Grunde, so erhält unsere Curve, nach kurzen Zwischenüberlegungen, schliesslich folgende fünf Gleichungen:

$$(4)\quad \begin{cases} \varphi_0 = x_0^2 + a\,x_2\,x_3 - \frac{1}{a}\,x_1\,x_4 = o, \\ \varphi_1 = x_1^2 + a\,x_3\,x_4 - \frac{1}{a}\,x_2\,x_0 = o, \\ \varphi_2 = x_2^2 + a\,x_4\,x_0 - \frac{1}{a}\,x_3\,x_1 = o, \\ \varphi_3 = x_3^2 + a\,x_0\,x_1 - \frac{1}{a}\,x_4\,x_2 = o, \\ \varphi_4 = x_4^2 + a\,x_1\,x_2 - \frac{1}{a}\,x_0\,x_3 = o. \end{cases}$$

Hier kommt wieder nur eine Constante a vor und diese Constante a erweist sich als identisch mit der Ikosaederirrationalität, wie ich sie immer verwandt habe.

Um jetzt das Integral fünfter Stufe aufzustellen, haben wir uns nur noch Rechenschaft zu geben, welche Curve dritter Ordnung irgend drei der Flächen φ (4) noch ausser der von uns in Betracht zu ziehenden Curve fünfter Ordnung gemein haben. Man findet, dass diess eine ebene Curve ist, die z. B. für die drei Flächen φ_0, φ_1, φ_2 in der

Ebene $x_1 = o$ enthalten ist. Hiernach hat man für das an der Curve hinerstreckte Integral nach bekannten Regeln (vergl. Nöther, Mathematische Annalen XIII, p. 510), unter u_x, v_x irgend zwei lineare Ausdrücke, unter C eine willkürliche Constante verstanden:

$$(5) \quad C \int \frac{(v_x\, du_x - u_x\, dv_x) \,.\, x_1}{|\varphi_0\, \varphi_1\, \varphi_2\, u_x\, v_x|}.$$

Der im Nenner stehende Ausdruck bedeutet dabei die Functionaldeterminante der hingeschriebenen Functionen.

Die so gewonnene Formel lässt sich aber noch in doppelter Weise vereinfachen. Einmal kann man, wie selbstverständlich, die linearen Ausdrücke u_x, v_x beliebig specialisiren und also z. B. mit irgend zwei der x zusammenfallen lassen. Dann aber gelingt es, vermöge der Gleichungen $\varphi = o$, die im Nenner stehende Functionaldeterminante durch das x_1 des Zählers zu dividiren (wie diess a priori aus dem Abel'schen Theoreme erschlossen werden kann). Man erhält so schliesslich, wenn man noch die Constante C benutzt, um unnöthige Factoren zu entfernen, zehn unter sich gleichwerthige einfachste Schreibweisen für unser Integral. Zwei derselben sind diese:

$$(6) \quad \int \frac{x_1\, dx_0 - x_0\, dx_1}{5\, a^3\, x_2\, x_4 - (2\, a^5 + 1)\, x_0\, x_1}$$

$$= \int \frac{x_2\, dx_0 - x_0\, dx_2}{5\, a^2\, x_3\, x_4 - (2 - a^5)\, x_0\, x_2},$$

und die übrigen acht ergeben sich aus diesen zwei durch cyclische Vertauschung der x.

Herr C. W. Gümbel hält einen Vortrag:

„Geognostische Mittheilungen aus den Alpen."

VII.

Erster Abschnitt.

Die Gebirge am Comer- und Luganer-See.

Der geognostische Streifzug, auf welchem ich durch die Bergamasker Alpen[1]) wanderte, hatte mich westwärts bis zum Val Seriana geführt und gezeigt, dass die Pflanzenreste-führenden Gebilde von Collio (Collioschichten), welche dem Rothliegenden gleichgestellt werden, und die zunächst höheren und jüngeren rothen Sandsteine, welche den Grödener Schichten entsprechen und der tiefsten Trias angehören, zwar benachbart, aber stets genetisch gesondert, oft sogar auch innerhalb verschiedener getrennter Verbreitungsgebiete entwickelt, westwärts bis Fiume nero fortsetzen. Leider vermissen wir hier in den Lagen des rothen Sandsteins die Pflanzenreste, durch welche in den mehr östlichen Gebirgstheilen, in Südtirol und bei Recoaro, diese Sandsteinbildung ausgezeichnet ist. Dadurch sind wir der

---

1) Vergleiche: Geognostische Mittheilungen aus den Alpen VI, Streifzug durch die Bergamasker Alpen in den Sitz.-Ber. d. Acad. d. Wiss. in München 1880, 2. Math.-phys. Cl. S. 164.

Möglichkeit beraubt, die Bergamasker Sandsteinbildungen bestimmter mit einzelnen Lagen der Grödener Schichten in Vergleich zu ziehen, wenn auch ihre petrographische Beschaffenheit und ihre ununterbrochene Verbindung mit den versteinerungsreicher Seisser Schichten keinen Zweifel über die Gleichalterigkeit beider Bildungen in Südtirol und den Bergamasker Alpen aufkommen lassen.

Auch in dem zunächst westlich an das Gebiet des Val Seriana angeschlossenen Gebirge der Val Brembana sind bis jetzt Erfunde deutlicher Pflanzenreste in den älteren Sandsteinschichten nicht bekannt geworden. Denn Escher's Angaben[2]) von *Calamites*-haltigen Sandsteinschiefer S. bei Pellegrino und von Schichten mit (?) *Taeniopteris marantacea* Stnb. (nach Heer's Bestimmung) am Col di Zambla gegen Oneta hin beziehen sich sicher auf jüngere Triasglieder, welche hier zunächst nicht in Betracht kommen. Um so bedeutungsvoller ist das durch Escher's und P. Merian's Untersuchungen nachgewiesene Vorkommen von Pflanzenresten aus den tieferen Sandsteinschichten in dem Gebirge östlich vom Comer See zwischen Bellano und Regoledo, welche Heer als *Voltzia heterophylla* Brogn. und *Aethophyllum speciosum* Schimp., zwei charakteristische Arten des Buntsandsteins, bestimmt hat.[3]) Noch weiter westwärts waren seit längerer Zeit in dem groben grauen Sandstein von Manno NW. von Lugano Pflanzenreste bekannt, welche nach den neuesten Bestimmungen von Heer[4]) unzweideutig die ächte Steinkohlenformation anzeigen. Auch werden aus dem Steinbruche im rothen Sandstein am Fusse des Monte

---

2) Geolog. Bem. ü. d. n. Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden in: Mem. d. l. Soc. helv. d. sc. nat. A. XIII. 1853 p. 104 u. 108.

3) Daselbst. S: 98; 130 u. 131.

4) Flora foss. Helvetiae, p. 41. 42—47 und Urwelt der Schweiz II. Aufl. S. 14.

Salvatore bei Lugano mehrfach Pflanzenreste erwähnt, die alle Beachtung verdienen.

Diese Verhältnisse bestimmten mich, meine bis zu dem Thale des Serio westwärts fortgeführte Untersuchung der Pflanzenreste-führenden älteren Sandsteinbildungen zunächst wieder am Comer- und Luganer See aufzugreifen. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse in diesem allerdings schon vielfach und ausführlich geologisch geschilderten Gebiete scheinen mir zu einigen neuen Feststellungen geführt zu haben, welche, wenn sie auch nur kleine Beiträge zur weiteren Kenntniss dieser Gegenden an die Hand geben, doch dazu dienen können, bei der bis jetzt noch keineswegs zum Abschlusse gekommenen geologischen Erforschung dieser höchst interessanten Gebiete benützt zu werden.

Ein Blick auf die zahlreichen, bisher über diese Gegenden publicirten geologischen Karten von einer der ältesten, der Brunner'schen an bis zu der erst jüngst erschienenen Spreafico-Taramelli'schen gerechnet, genügt, um an der Verschiedenartigkeit der Auffassung der Gebirgsverhältnisse und deren Darstellung einen Maassstab zu gewinnen, wie Vielfaches hier noch klar zu stellen sei. Ich beziehe mich beispielsweise nur auf die Porphyre von Lugano, die von Brunner[5]) in rothe und schwarze kartographisch ausgeschieden, von Negri und Spreafico[6]) wie von Catullo[7]) wieder vereinigt, endlich von Taramelli aufs neue geschieden dargestellt worden. Aehnliche Differenzen herrschen in der Darstellung der zahlreichen dolomitischen Gesteine, welche z. B. östlich vom Comer See von Catullo ziemlich richtig in eine untere (Esinokalk und Dolomit) und eine obere (Hauptdolomit) Stufe getrennt, auf der Taramelli'schen

---

5) Aperçu géol. d. environs du lac de Lugano in der Denkschr. d. Schweizer: Ges. d. Natur: XII. 1852.

6) Mem. dell' l'Istituto Lombardo 1869.

7) Geologia applicata delle prov. Lombarde 1877.

Karte trotz der maassgebenden Arbeit von Benecke[8]) in bedauerlicher Weise wieder zusammen geworfen werden, nachdem selbst in der älteren Stoppani'schen[9]) Darstellung hier längst schon der Versuch einer naturgemässen Ausscheidung verschiedener Formationsglieder gemacht worden war. Völlig unentwirrbar sind endlich die Angaben bezüglich derjenigen Gebilde, welche man der carboninischen, postcarbonischen (permischen) Formation und dem sog. Verrucano zugewiesen hat. Man begegnet hier dem unzweifelhaft krystallinischen Schiefer bis herauf zu dem rothen Sandstein, der mit dem Bergamasker Servino und den Südtiroler Seisser Schichten aufs engste verbunden denn doch wohl unbestritten dem Buntsandstein entspricht. Doch sind dies nur Andeutungen über die Abweichungen in kartistischen Darstellungen. Nimmt man nun noch die verschiedenen Schilderungen in zahlreichen sonstigen Publikationen hinzu, so tritt uns das Chaos sich widersprechender Meinungen nur um so verwirrenderer entgegen und lässt das Bedürfniss einer gründlichen, von einem über weitere und ausgedehntere Gebiete der Alpen blickenden Standpunkte ausgehenden Revision sehr wünschenswerth erscheinen. Vielleicht gelingt es mir im folgenden hierzu einen kleinen Beitrag zu liefern.

I. Val Sassina und das Gebirge zwischen Bellano und Introbbio.

Beginnen wir unsere Untersuchungen in dem östlich vom Comer See liegenden Gebiete, so möchten sich keine Aufschlüsse besser zur Orientirung eignen, als diejenige, welche bereits von Escher und Benecke in so vorzüglicher Weise geschildert worden sind.

Wenn man von Bellano aus dem wahrscheinlich auch von Escher nnd Merian begangenen Weg nach dem

8) Ueber die Umgebungen von Esino 1876.

9) Palaeontologie Lombarde I, Les Petrefications d'Esino 1858—1860.

Bade Regoledo folgt, so stellen sich uns zunächst am Fusse des steilansteigenden Gehänges jene unzweifelhaft den krystallinischen Schiefern zuzuzählenden Gesteine entgegen, welche wegen ihres Glimmer-artigen Schimmers früher als Glimmerschiefer, neuerdings mehrfach als Casanna- oder Sericitschiefer angesprochen wurden. Es sind jene Schiefer, die am Südrande der Alpen eine grossartige Verbreitung gewinnen und längs einer grossen Strecke auch von der Gotthardsbahn selbst bis Lugano aufgeschlossen worden sind. Die Zwischenlagen von quarzitischen und gneissartigen Schichten, welche öfters wiederkehren, scheinen eine gewisse Unsicherheit in der Auffassung dieses Gesteins veranlasst zu haben, so dass sie theils dem ältesten krystallinischen Schiefer zugewiesen, theils aber sogar als Stellvertreter der Carbonformation angesehen wurden. So lässt Catullo auf seiner Karte das Gebiet N. von Val Sassina und den Fuss am Südrande dieses Thals aus Glimmerquarzit bestehen und rechnet den südlich sich anschliessenden Quarzitschiefer zum permischen Conglomerat und Sandstein, während die Spreafico-Taramelli'sche Karte hier nur Glimmerschiefer und Verrucano anzeigt, weiter westwärts aber ganz dasselbe Gestein als Casannaschiefer bezeichnet.

Man kann nun allerdings zwischen der Richtigkeit der Bezeichnung als Glimmerschiefer oder als glimmerigen Phyllit schwanken, aber das scheint denn doch keinem Zweifel zu unterliegen, dass wir es mit einem typischen krystallinischen Schiefer einer jüngeren Formation der archäolithen Periode zu thun haben.

Mit diesem krystallinischen Schiefer steht auf einem beträchtlich langen Strich ostwärts hin am Südgehänge des Val Sassina ein gneissartiger Quarzit in direkter Verbindung, so dass er nur als eine Einlagerung in ersterem anzusehen ist. Die Catullo'sche Karte giebt dieses Gestein bis über Taceno und bis zum Mt. Biandino hinaus als permische

Schichten an. Das Gestein ist aber nach mehreren untersuchten Dünnschliffen sowohl aus den Lagen näher gegen Bellano, wo es noch hoch oben an dem Fusssteig von Ghesazio nach Parlasco in einem mit einem Kreuz bezeichneten Bergkopf ansteht, und in St. 10 mit 40° nach NW. einfällt, als auch aus der Nähe von Parlasco und Taceno unzweifelhaft Quarzit mit nur sehr spärlichen Feldspathbeimengungen und reichlichen Glimmerblättchen. Der weit vorherrschende Quarz besitzt ganz die Art des im Gneiss vorkommenden und bildet theils langgestreckte zackige Streifen von gleichartiger Beschaffenheit mit Blasenhohlräumen und eingewachsenen kleinen Kryställchen meist Glimmerschüppchen, theils körnige Häufchen, welche i. p. L. Aggregatfarben zeigen. Von einer Abrundung der eckigen Umrissen der Quarzsubstanz, wie sich solche in den Sandsteinen, Grauwacken und tuffigen quarzigen Sedimentbildungen finden, ist hier keine Spur zu sehen. Auch die spärlich beigemengten Feldspaththeilchen tragen ganz den Charakter des ursprünglichen Eingewachsenseins in das Gestein, sie bilden eckige Körnchen und ziemlich scharf umgrenzte Krystalle. Mit Ausnahme trüber, zersetzter feldspathiger Substanzen gehören fast alle übrigen Feldspathbeimengungen Plagioklasen an, welche i. p. L. die Streifung auf's deutlichste erkennen lassen; Orthoklas in frischem Zustande wird nur selten wahrgenommen. Diese gneissartigen Quarzite erreichen namentlich bei Taceno-Crandola eine grössere Ausdehnung und bilden fast ununterbrochen von der Strasse bei Bellano bis Introbbio unmittelbar das Liegende der darauf aufgelagerten vorherrschend roth gefärbten Conglomerate, Sandsteine und Lettenschiefer.

Am Ansteig von Bellano nach Regoledo findet sich zunächst am Gebirgsfusse der glimmerig glänzende Schiefer und höher in gleichförmiger Lagerung dieses Quarzitgestein. Hier beginnt nun die Ablagerung der rothen Schichten über

diesem Quarzite nicht mit einer Conglomeratbildung, sondern es sind ziemlich weiche, graue und rothe, sandige Lettenschichten, welche die jüngere Reihe einleiten; erst höher folgen dann reichlich grobe und feinere Conglomeratbänke wechselnd mit buntgefärbten Sandsteinlagen, intensiv rothem Letten und grauem mergeligschiefrigem Gestein, welche die obere Region beherrschen. In den relativ höheren Lagen dieser Schichtenreihe nun ist es, in welchen sich näher gegen Regoledo hin zahlreiche, aber meist undeutliche Pflanzenreste einstellen; es ist dies das Lager, in welchem Escher[10]) und Merian *Voltzia heterophylla* und *Aethophyllum speciosum* auffanden. Obgleich ich hier wegen des Fehlens der so charakteristischen Bellerophonkalklage oder des stellvertretenden blasigen gelben Dolomits einen ganz sicheren Vergleich mit den Pflanzenschichten von Recoaro oder Neumarkt nicht ziehen möchte, so macht doch die ganze Art der Ablagerung und des Vorkommens der Pflanzenreste den Eindruck auf mich, als ob diese Lagen bei Regoledo und Recoaro nahezu auf gleichem geologischem Horizonte lägen und dies umsomehr, als auch auf den Höhen vor Regoledo ein zwar versteinerungsleerer, aber petrographisch doch absolut gleicher grünlich grauer harter Mergel — Seisser Schichten — nahe im Hangenden der Pflanzenschichten sich einstellt, wie im Osten. Wer weiss, wie dürftig der Erhaltungszustand der eingeschlossenen Pflanzenresten ist, wird an dieser Parallele sicher keinen Anstoss desshalb finden, weil Heer aus den Regoledolagen *Voltzia heterophylla* und *Aethophyllum speciosum* bestimmt hat. Denn die Arten aus den Recoaro-Fünfkirchen-Schichten[11]), die *Voltzia hungaria*, *V. hexagona*, *Ullmannia* u. s. w., stehen obigen Formen[12]) so nahe, dass

10) A. A. O. Geol. Bem. ü. d. n. Vorarlberg etc.

11) Ueber die permischen Pflanzen von Fünfkirchen von Heer V. Bd. d. Mitth.: aus d. Jahrb. d. ungar. geol. Anstalt 1876.

12) Taf. VIII der Abhandlung Escher's; Geolog. Bemerk. über das N. Vorarlberg etc. 1853.

bei so dürftigem Erhaltungszustande, welcher eine sichere Bestimmung äusserst schwierig macht, hier wohl leicht gleiche Arten vorliegen könnten.

Greifen wir aber zur Frage zurück, ob aus diesem tiefsten Schichtencomplex eine Reihe grober Conglomerate, die allerdings die grösste Aehnlichkeit mit ausseralpinem Rothliegenden namentlich durch die zahlreichen Einschlüsse von Porphyrrollstücken erkennen lassen, und daher schon seit v. Buch's Besuch dieser Gegenden von diesem und von Anderen wiederholt dem Rothliegenden zugezählt worden sind, wirklich der postcarbonischen Formation zugewiesen werden dürfe, so vermag ich hiefür in Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse, wie wir solche bei Collio und Fiume nero nachgewiesen haben, keinen stichhaltigen Grund zu erkennen. Diese Conglomerate am Rande des Val Sassina haben durchaus nichts zu schaffen mit den Gebilden, welche bei Collio dem Rothliegenden gleichstehen, sondern gleichen genau den Conglomeraten, welche auch im Bergamasker Gebirge oft getrennt von den Collioschichten sich den feinen rothen Sandsteinbänken sehr eng anschliessen und den Grödener Conglomeraten entsprechen. Am Ostrande des Comer See's fehlt jede Spur jener Ablagerungen, welche den Collioschichten gleichgestellt werden könnten. Es darf hiebei daran erinnert werden, dass an vielen Stellen in- und ausserhalb der Alpen, da wo der Buntsandstein unmittelbar auf quarzreichem krystallinischem Gestein aufgelagert ist, seine tiefsten Bänke durch ein grobes Conglomerat ausgezeichnet sind und wo Porphyr die Unterlage ausmacht, wie bei Botzen, die Grödener Schichten mit mächtigen Porphyrconglomeraten beginnen. Allerdings muss es auffallen, dass am Comer See und seine Umgebung die Conglomerate so zahlreiche Porphyrgeschiebe enthalten, wie z. B. bei Introbbio, wo im Eingang der Acqua duro-Schlucht mächtige Conglomerate

fast ausschliesslich aus Porphyrrollstücken bestehen. Es treten zwar am Luganer See und weiter westwärts grosse Porphyrmassen zu Tag, sie gewinnen aber nicht die Ausbreitung, wie jene bei Botzen und scheinen mir durchaus nicht genügend, um alles Porphyrmaterial, welches wir hier in diesem Gebirgszug zur Conglomeratbildung verwendet stehen, liefern zu können. Dies geht noch unzweideutiger aus der Untersuchung zahlreicher Porphyrrollstücke der Conglomerate des Val Sassina hervor, deren Porphyr durchaus verschieden ist von jenen allerdings zahlreichen Varietäten der Luganer Gegend; letztere sind sehr charakteristisch entweder intensiv roth oder schwärzlich gefärbt, während ersterer sich mehr dem mittelfarbigen röthlichen oder graulichen Typus des Botzener Gebiets anschliesst. Es sind, soweit meine Beobachtungen an Dünnschliffen reichen, in diesen Rollstücken durchweg Quarz-führende Felsitporphyre vertreten, mit felsitiger, bald fein krystallinischer, bald noch halb glasiger Grundmasse und Fluidalstreifchen, reich an Orthoklas, arm an Plagioklaseinschlüssen und spärlich mit Glimmerblättchen versehen, deren Substanz wie meist auch der Orthoklas der Zersetzung anheimgefallen ist. Um diese enorme Betheiligung von Porphyrfragmenten an der Zusammensetzung unserer Conglomerate erklären zu können, bleibt nichts Anderes übrig, als anzunehmen, dass, ehe die Ablagerung der Grödener Conglomerate, wie wir unsere Lagen auch am Comer See nennen wollen, stattfand, mächtige Stöcke von Porphyr vor dem Rande der aus krystallinischen Gestein bestehenden Centralalpen ausgebreitet gewesen sein mussten, durch dessen Zerstörung das Rollmaterial für die Bildung der Conglomerate beschafft werden konnte. Vielleicht liegt ein Theil dieses Porphyrs von jüngeren Bildungen bedeckt im Untergrunde der mächtigen jüngeren Vorberge verborgen.

In unserem Profil von Bellano nach Regoledo folgen auf die grünlich grauen harten Mergelbänke, die z. Th. noch

mit rothen und gelben, oft sandig dolomitischen Lagen wechseln, und den Seisser mit Campiler Schichten in Gesteinsbeschaffenheit und relativer Stellung völlig gleich stehen, dunkelgraue bis schwärzliche Dolomite von nicht beträchtlicher Mächtigkeit. Trotz der dem Erkennen organischer Einschlüsse so hinderlichen, krystallinisch körnigen Ausbildung dieses Dolomits sieht man gleich wohl häufig *Crinoideen*, welche den Habitus von *Encrinus liliiformis* besitzen, Durchschnitte von *Brachiopoden*, *Gasteropoden* und selbst von *Cephalopoden*, ohne dass es mir jedoch gelang, aus dem bröcklich zerspringenden Gestein sicher Bestimmbares heraus zu schlagen. Wir werden später den Nachweis liefern, dass wir es hier mit einer dolomitischen Facies des unteren Muschelkalks zu thun haben, welche in dieser Eigenthümlichkeit eine weite Verbreitung westwärts gewinnt. Es dürfte dies in Escher's Profil (a. a. O.) der Schicht Nr. 18 entsprechen, während Nr. 16 dem graugrünen Seisser Mergel sich gleich stellen würde. Dieser graue, zuweilen Hornsteinconcretionen-führende Dolomit geht aufwärts rasch in den intensiv schwarzen plattigen dichten Kalkstein über, der als Marmor von Varenna bekannt uns später noch ausführlicher beschäftigen wird.

Halten wir dieses Höhenprofil mit jenem an der Strasse von Bellano nach Varenna zusammen, welches nach voraus gegangenem Regen staubfrei, mir einen ganz vorzüglichen Aufschluss gab, so gewinnen wir einen ziemlich vollständigen Einblick in die Zusammensetzung dieser älteren Sedimentgebilde über dem krystallinischen Gebirge, wie uns denselben bereits Escher in so klarer Darstellung eröffnet hat. Nach meiner Auffassung der Verhältnisse können wir hier unterscheiden:

A. Im Hangenden: schwarzer Varenna Kalk.

B. Darunter folgt bei einem ziemlich regelmässigen,

nach St. 3—5 in SW. unter 50—60° gerichteten Einfallen der Schichten:

1) grauer und schwärzlich grauer, krystallinisch körniger Muschelkalk-Dolomit mit *Crinoideen* und *Brachiopoden*	120 m	mächtig
2) einige schwache Lagen grauen, wellig-plattenförmigen kalkigen Dolomits .	2 „	„
3) weiche, leicht auswitternde, gelbliche (ursprünglich grünlich graue) Steinmergel mit gelben drusigen Dolomit und Rauhwacke — stellenweise wahrscheinlich Gyps-haltig	10 „	„
4) intensiv rothen Lettenschiefer, wechselnd mit gelben und grünlichen Lagen	5 „	„
5) graugrüne, harte, spröde, an den Verwitterungsflächen gelbe Mergelschiefer, genau wie die Seisser Schichten bei Schilpario	25 „	„
6) graue, kalkig-mergelige, harte, dünngeschichtete Sandsteine mit eigenthümlichen linsenförmigen Einschlüssen schwarzen Kalks	30 „	„
7) graue, rothe, weissliche, meist dünngeschichtete Sandsteine mit thonigen Zwischenlagen, einzelne Lagen mit kohligen Beimengungen und Pflanzenresten. Auf den Schichtflächen zeigen sich Wülste, Wellenfurchen und wurmförmige Concretionen, wie von Bohrmuscheln — Pflanzenreste-führendes Lager —	80 „	„
	272 m	**mächtig**

		Uebertrag 272 m mächtig
8)	mächtige, rothe und grauliche Sandsteinlagen mit einzelnen Conglomeratstreifen	100 „ „
9)	intensiv rothe Lettenschiefer . . .	2 „ „
10)	rothe, quarzreiche Conglomerate . .	6 „ „
11)	graue und hellfarbige, intensiv rothe oder blassrothe Sandsteine, Lettenschiefer und Conglomeratbänke mit Porphyrrollstücken	15 „ „
12)	grauliche Sandsteine und grossbrockige Conglomerate ohne Porphyrgeröll den Mannoschichten ähnlich und dieselbe wahrscheinlich vertretend	10 „ „
	zusammen	405 m mächtig.

C. Im L i e g e n d e n: gneissartiger Quarzit und darunter glimmeriger Phyllit.

Dieser Complex von Schichten streicht nun nahezu parallel mit dem Val Sassina hoch oben an dessen Südrande von Bellano über C. Panighetto, M. del Portone, Parlasco, Corte nuova nach Introbbio, wo derselbe die Thalung der Pioverna durchschneidend nunmehr der Schlucht der Aequa duro folgend fast senkrecht zu der bisherigen Streichrichtung gegen den Pizzo dei tre Signori sich ins Gebiet der Val Brembana wendet. Es ist aus diesem Zuge, auf welchem die Gesteinsschichten meisten Theils vom Gehängeschutt überdeckt nur stellenweis entblösst sind, noch des Aufschlusses in dem tiefen Tobel zwischen M. del Portone und Parlasco besonders zu gedenken, in welchem wir die graugrünen Seisser Mergelgesteine, die Rauhwacke und die rothen Conglomerate mit constant SW. Einfallen sehr schön aufgeschlossen finden und aus den Geschieben des Baches entnehmen können, dass in regelmässiger Aufeinander-

folge auch hier die schwärzlichen Muschelkalkdolomite und die schwarzen Varenna Kalke höher am Gehänge durchstreichen. Auch mengen sich bereits sehr zahlreiche weisse und grauliche Esinokalkstücke bei, welche von dem höchsten Gebirgskamm dieses Gebiets, dem zum Mt. S. Defendente führenden Felsrücken zu entstammen scheinen. Erst auf der Südabdachung dieses Kalkriffs jedoch legen sich dann nach dem ausführlichen Nachweis Benecke's die Dossena-Raibler Mergel auf den Esinokalk des Sasso Mattolino — S. Defendente an und werden nur in Folge einer Verwerfung, die vom Taceno-Marano her streicht, an dem Passübergange zwischen S. Defendente und Sasso Mattolino auf die Nordabdachung eine kurze Strecke weit hinüber geschleppt.

Aus diesem liegenden Zuge sei noch des eigenthümlichen granitischen Gesteins gedacht, welchem man in überaus zahlreichen abgerollten Blöcken und Stücken in Val Sassina begegnet und welches mächtig entwickelt in dem Gebirge N. von Introbbio sich ausbreitet. Ein grosser Steinbruch zwischen Bindo und Controbbio gestattet einen tiefern Einblick in seine Verhältnisse. Catullo bezeichnet es auf seiner verdienstvollen Karte als Sd. d. h. Sienite dioritica.[13])

Dieses Gestein ist nach meiner Untersuchung der Dünnschliffe als ein feinkörniger, an braunem Glimmer reichen Granit zu bezeichnen, der neben Quarz, stark veränderten Orthoklas nur wenig Plagioklas und keinen weissen Glimmer enthält. Hornblende konnte ich in den von mir gesammelten Stücken nicht finden. Es kommt allerdings äusserst spärlich eine gräuliche nicht oder höchst schwach dichroistische Beimengung in kleinen, nicht scharf umgrenzten Einsprengungen vor, die wahrscheinlicher einem Augit als Amphibol angehören möchten. Spärliches Magnet- und etwas

13) Catullo erwähnt das Gestein kurz S. 416 f. Geologia della prov. Lombarde I. Bd.

Titaneisen nebst einzelne Apatitnädelchen gehören zur Reihe der accessorischen Beimengungen. Eigenthümlich ist, dass, trotz das Gestein äusserst frisch sich ansieht, seine feldspathigen und glimmerigen Theile eine bedeutende Umbildung erlitten haben. Dies geht daraus hervor, dass i. p. L. die Feldspathe nur auf feine Körnchen vertheilte Aggregatfarben zeigen, zwischen denen hie und da die Streifen des Plagioklas, als sei derselbe erst aus der Umbildung des Orthoklases hervorgegangen, sichtbar werden. Ebenso treten häufig zwischen den einzelnen Blättern des Glimmers weisse, offenbar sekundäre Ansiedelungen auf, die feldspathiger und quarziger Natur zu sein scheinen.

2. Die Fischschiefer von Perledo und der schwarze Kalk von Varenna.

Es ist bereits in den im Vorausgehenden geschilderten Profilen von Bellano nach Regoledo und an der Strasse von Bellano nach Varenna nachgewiesen, dass auf den dunklen Muschelkalkdolomit unmittelbar die Reihe der dünnbankigen, dichten, intensiv schwarzen Kalke aufliegt, welche unter dem Namen des schwarzen Marmors von Varenna in der Technik bekannt, häufig von weissen Kalkspathadern durchzogen sind, und desshalb zur Herstellung von Monumenten sich besonders eignen. Sie begleiten uns auf der Hauptstrasse bis Varenna und reichen an den Gehängen, welche östlich von dem Ufer des Comer See's gegen Regoledo, Bologna und Perledo sehr steil aufsteigen, auf beträchtliche Höhe empor, so dass man diese Bildung als eine sehr mächtige anzunehmen versucht werden könnte. Dem ist jedoch nicht so. Die meist in dünnen Bänken, oft sogar in schieferartige Platten ausgebildete Kalke, mit zahlreichen mergeligen Zwischenlagen wechsellagernd und auf den Schichtflächen stets von einer oft glänzenden thonigen Rinde gleichsam überzogen sind hier am Rande des Sees in einer

erstaunlichen Weise stark zusammengefaltet, in mächtigen Bögen gewölbt, zickzackförmig gewunden und überschoben, so dass dieselbe Schichtenlage in Folge der enormen Faltung öfters an die Oberfläche tritt und es dadurch den Schein gewinnt, als habe diese Bildung eine beträchtliche Mächtigkeit, die ich freilich nur schätzweise im Ganzen zu etwa 120 m veranschlage. Das Gestein ist ausserordentlich arm an Versteinerungen und es haben sich ausser den berühmten Posidonomya Moussoni Mer. bis jetzt kaum mehr als dürftige Spuren anderer organischer Ueberreste darin entdecken lassen. Ueber das Vorkommen dieser Muschel hat Benecke sehr ausführlich berichtet; sie scheint übrigens ausserordentlich verbreitet zu sein, indem ich sie bei meiner nur flüchtigen Begehung des Gebiets ausserdem noch an zwei Orten antraf. Mag dieselbe nun mit der Form identisch sein, welche im mitteldeutschen Muschelkalk vorkommt, wie Sandberger annimmt, oder derselben nur sehr nahestehen, wie v. Mojsisovics zu zeigen sucht, so viel ist im Zusammenhange mit der Lagerung aus ihrem Vorkommen jedenfalls zu folgern, dass diese Kalksteinbildung unmittelbar dem Muschelkalk sich anreiht. Nimmt man hinzu, dass die ihm gleichförmig auflagernden, petrographisch sehr ähnlichen mehr schiefrigen, dünnschichtigen und thonigen Fischschiefer von Perledo abgesehen von ihren Einschlüssen an Resten höherer Thiere Posidonomya Wengensis (oberhalb Regoledo) und Bactryllien wie in den Partnachschichten enthalten, also den Wengener Schichten zuzuzählen sind, so scheint die Zuziehung der schwarzen Kalke von Varenna zur Muschelkalkformation wohl gerechtfertigt. Es verdient dabei bemerkt zu werden, dass in den oberen Grenzlagen gegen die Perledoschiefer oft Hornsteinknollen vorkommen, wodurch diese Lagen eine gewisse Analogie mit dem Buchenstein-Kalke gewinnen. Stellenweis nimmt der schwarze Kalk des

Comer See's ganz das Aussehen jenes Gesteins in den Bergamasker Alpen, im Gebirgsstocke des Ortler und in Bündten an, welche ich unter der Bezeichnung Ortlerkalk als dem Muschelkalk angehörig in der vorangehenden Mittheilung nachgewiesen habe. Beide sind Faciesbildungen derselben geologischen Stufe der Muschelkalkformation.

Die überaus grossartigen Biegungen und Zusammenfaltungen dieser Kalkschichten oft in Krümmungen von nur wenigen Meter Radius bieten neben der tiefschwarzen Farbe der Hauptmasse des Gesteins und der grell abstechenden Durchäderung von weissen Kalkspath an der so leicht zugänglichen Hauptstrasse von Varenna nach Bellano eine eben so bequeme wie lehrreiche Gelegenheit, um über die Folgen und Wirkungen dieser engsten Zusammenpressungen bereits festgewordener mächtiger Kalksteinlagen die ergiebigsten Studien zu machen. Diese Aufschlüsse verdienen vor Allem die Beachtung Jener, welche über diese Verhältnisse thatsächliche Nachweise suchen. Ich werde desshalb später noch einmal darauf zurückkommen, glaube aber vorerst die weitere Schichtenfolge darlegen zu sollen.

Die sorgfältige Begehung des ganzen Gebiets von Varenna, Perledo, Bologna, Ghesazio, Regoledo, Gittana und Parlasco hat mich überzeugt, dass trotz der grossartigen Biegungen der schwarzen Kalke dieselben doch constant von gleichförmig dünnbankigen, allerdings ähnlich aussehenden, aber doch constant schiefrigen Kalkmergel- und Kalkschichten bedeckt werden. Es sind dies die oft in grossen dünnen Platten gewinnbaren Schiefer von Perledo, welche wegen ihres relativen Reichthums an Saurier- und Fischresten grosse Berühmtheit erlangt haben und unter dem Namen Fischschiefer von Perledo bekannt sind. Ich fand sie in dem vom Esinothal nahe unterhalb der Mühle aufsteigenden Wasserriss oberhalb Per-

ledo direkt auf dem schwarzen Kalk auflagernd, beide gleichförmig in St. 6 mit 43° nach W. einfallend. An diesem Wasserriss liegt auch ein Plattenbruch, in dem ich einige Fragmente von Fischversteinerungen fand. Indem man dann den Weg nach Esino weiter verfolgt, gelangt man, wie dies Benecke bereits anführt, bald zu der Grenze gegen einen unmittelbar gleichförmig auflagernden Dolomit, der allerdings einige petrographische Aehnlichkeit mit Hauptdolomit hat, aber im Ganzen doch deutlicher dolomitisch (d. h. fein krystallinisch) sich darstellt, als der letztere. Bei aufmerksamer Beobachtung findet man ausserdem, dass diese Dolomite an Verwitterungsflächen eine charakteristische Eigenthümlichkeit erkennen lassen, die dem Hauptdolomit fehlt; es zeigen sich nämlich parallel mit den Schichtungsflächen wechselnd pulverigstaubige, gelbe Auswitterungsstreifen und fast nicht verwitterte festere Lagen von mehr kalkiger Beschaffenheit. Die mehlartig pulverigen Verwitterungstheile bilden dabei oft nicht fortlaufende geschlossene Lagen, sondern sind zuweilen unterbrochen, treten nur putzenförmig hervor und verlieren sich allmählig in die festeren Lagen. Dies nimmt in dem Maasse ab, als das Gestein kalkiger und dichter wird und in den typischen Esinokalk übergeht, wie es sich sehr deutlich bei weiterem Verfolgen des Ansteigens gegen Esino beobachten lässt. Für mich ist es gar nicht zweifelhaft, dass dieser Dolomit, der wohl öfter mit Hauptdolomit verwechselt worden sein mag, eine untere Region des Esinokalks ausmacht und diesem ebenso zugezählt werden muss, wie in den Südtiroler Alpen der Schlerndolomit, in den Nordalpen der Zugspitzdolomit dem Wettersteinkalk, welchem ja der Esinokalk auf's genaueste seiner Lager und seinem Alter nach entspricht. Dieses Zusammenfassen des Dolomits, den wir kurz Esino-Dolomit nennen wollen, mit dem in der Regel die höheren Lagen einnehmenden Esinokalk findet eine Bestätigung in

dem Umstande, dass ich in dem Dolomit so gut, wie im Kalke die charakteristische *Gyroporella annulata* in dem oben genannten Profile aufgefunden haben. Auch lässt sich der allmählige Uebergang der dolomitischen tiefen Schichten in die oberen kalkigen an mehreren Punkten deutlich beobachten.

Diese Fischschiefer von Perledo liegen also unzweifelhaft über dem schwarzen Varenna-Kalk und unter dem weissen Dolomit des Esinokalks. Wie schon erwähnt wurde, fanden sich nun an mehren Stellen *Bactryllien* und oberhalb des Dorfes Regoledo sehr zahlreich *Posidonomya Wengensis*, welche für eine Parallelstellung dieser Schiefer mit den Wengener Schichten sprechen. Damit stimmten auch die Lagerungsverhältnisse vollkommen überein.

Es ist allerdings schwierig, bei dieser Schichtenreihe eine strenge Grenze zwischen dem Varennakalk und den Perledo-Schiefer zu ziehen. Doch besteht zwischen beiden auch nach ihrer Zusammensetzung ein nicht unbeträchtlicher Unterschied, wenigstens zwischen den Kalklagen mit *Posidonomya Moussoni* und den Fischreste-führendem Schiefer von Perledo, wie nachfolgende Analyse erkennen lässt.

Mit schwachen Chlorwasserstoff behandelt liefern

	die schwarzen Varennerkalke	die Fischschiefer von Perledo
kohlensauere Kalkerde	83,87	50,26
„ Bitterde	5,68	26,49
„ Eisenoxydul	2,53	1,62
Spuren v. Thonerde u. Kieselerde		
Schwefelsäure u. Phosphorsäure	—	—
Ungelöst bleibt		
Thon	7,21	21,35
Kohlige Theile	0,71	0,28
	100,00	100,00

Der in verdünnter Chlorwasserstoffsäure unlösliche Rückstand besteht aus

	bei dem Varennakalk	bei den Fischschiefern
Kieselsäure	48,37	73,00
Thonerde	24,60	17,15
Eisenoxydul	8,93	
Manganoxydul	Spur	Spur
Kalkerde	0,20	0,18
Bittererde	0,35	0,14
Phosphorsäure	Spur	Spur
Kali	4,30	2,50
Natron	3,60	1,51
Bitumen u. Wasser	9,43	5,25
	99,78	99,73

Daraus geht hervor, dass der Varennakalk nur geringe Beimengungen von Bittererdecarbonat enthält, während der Fischschiefer von Perledo, wenn man den thonigen Rückstand in Abzug bringt, nahezu die Zusammensetzung eines normalen Dolomits besitzt; jener ist demnach ein ziemlich normaler Kalkstein, dieser ein Dolomitschiefer und zwar jener mit nur geringen Beimengungen von Thon, dieser dagegen besteht fast zu einem Viertheil aus thoniger kieseliger Substanz. Bemerkenswerth ist ausserdem der Unterschied in der Zusammensetzung des in verdünnter Salzsäure unlöslichen Rückstandes beider Gesteine. Der hohe Gehalt des Fischschiefers an Kieselsäure spricht für das Vorhandensein freien Quarzes, der im Varennakalk nicht angenommen werden kann und bei beiden scheint überdies die beträchtliche Menge von Kalium die Fruchtbarkeit der aus der Zersetzung dieser Gesteine hervorgehenden Vegetationserde wesentlich zu bedingen.

Was den weiteren Aufbau des Gebirgs bei Esino anbelangt, so theile ich ganz die Ansicht Benecke's. Es ist

nicht fraglich, dass über dem Esinokalk zunächst die weicheren Schichten von Dossena mit *Gervillia bipartita* als Stellvertreter der Raibeler Schichten aufruhen und auf diese erst der eigentliche H a u p t d o l o m i t folgt. In welcher Weise sich diese verschiedenen Gebilde an der Zusammensetzung des hohen Gebirgsstocks von Esino betheiligen, ist gleichwohl trotz des anscheinend einfachen Aufbaus noch nicht zureichend klar gelegt, da nicht blos mehrfache grossartige Schichtenbiegungen hier vorkommen, sondern auch beträchtliche Dislokationen sich bemerkbar machen. Daher kommt es auch, dass weiter südlich von Varenna die schwarzen Kalke nicht einfach untertauchen, um den Esinoschichten Platz zu machen, sondern dass sie auf eine grosse Strecke hin noch einmal zur Herrschaft gelangen und namentlich zwischen Alcio und Grumo - Lierna mit in St. 3 unter 45° nach NO gerichtetem Einfallen anstehen und die Basis bilden, auf welche höher am Gehänge der mächtige Stock von Esinoschichten aus dem Meriathal[14]) über Cima di Pelaggia und den prallen Gebirgskamm am Ostufer des Comer See's bis zur Capelleta bei Vezio sich aufbaut. Den zum Seeufer gewendeten Esinokalk fand ich anstehend dem von der Hauptstrasse abzweigenden Weg nach Mandello gegenüber, wo in demselben ein Versuchsbau behufs Gewinnung von Bleierzen und Blende angelegt ist, unter Verhältnissen, welche dem Bleierzvorkommen im Wettersteinkalk der Nordalpen und bei Bleiberg, Raibl etc. in Kärnthen vollständig entsprechen. Auch die Dossena-Raibler Schichten mit *Gervillia bipartita* fehlen hier am Seerande nicht. Indem sich nämlich der Esinokalk mit östlichem Einfallen zum Seeufer wendet, kommen die auflagernden weichen Mergellagen, die schon E s c h e r[15]) oben

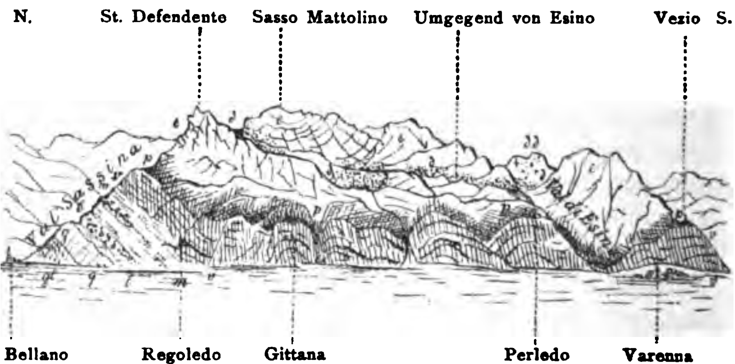
14) Ich bemerke, dass die Bewohner nicht Neria das Thal nennen, wie alle Karten es bezeichnen, sondern Meria, wie auch eine Strassentafel den Namen schreibt.

15) Geol. Bem. S. 97.

im Meriathale zwischen A. Calirazzo und A. Era (freilich als Muschelkalk) angiebt, nach und nach durch das Meriathal streichend gleichfalls dem Seeufer näher. Ich fand sie hier zwischen Linzanico und Borbino in der engen Schlucht der Val Gerona mächtig entwickelt und in hohen Wänden sehr gut entblösst. Sie bestehen hier aus sandigen, grün, roth und braun gefärbten Mergeln mit kalkigen Zwischenlagen und ihre Schichten fallen in St. 3 mit 4° nach NO ein, indem sie sich deutlich auf Esinokalk auflegen, welche weiter S. gegen Lecco zu wieder am Ufer des Sees zum Vorschein kommen. Spätere Bemerkungen werden an dieses Vorkommen wieder anknüpfen.

Zur orientirenden Uebersicht mag hier eine von West aufgenommene Gebirgsansicht beigegeben werden.

Ansicht des Gebirgs bei Esino.



gl = glimmeriger Phyllit; q = Quarzit; b = Grödener Schichten (Buntsandstein); m = unt: Muschelkalk; v = Varennakalk; p = Perledo Schichten; e = Esino Schichten; d = Dossena-Raibler Schichten; dd = Hauptdolomit.

3. Das Gebiet von Introbbio bis Lecco.

Es ist bereits erwähnt worden, dass bei Introbbio im Eingange des Acquaduro-Thals zuerst eigenthümlicher dunkelfarbiger Phyllit und quarzitische Schichten zu Tage traten,

welche in St. 7 mit 70° nach SO. einfallen, während die grossbankigen, groben Porphyrconglomerate, welche unmittelbar auflagern, abweichend in St. 12 mit 45° nach S. einschliessen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der schwarze Dolomit, welcher in der Nähe der Ponte Chiuse auf der Strasse nach Lecco ansteht und seiner petrographischen Beschaffenheit nach, sowie wegen der nicht seltenen Einschlüsse von Eucriniten dem Muschelkalkdolomit von Regoledo entspricht, auch hier der Reihe der Conglomerate und rothen Sandsteinbänke folgt. Die hangenden Schichten an der Wegabzweigung gegen Barzio in der Nähe der genannten Ponte Chiuse sind ausgezeichnet plattig und zeigen nahezu gleichförmige Lagerung mit den Conglomeraten, indem sie in St. 12 steil mit 80° S. einfallen, während in den dunklen, allerdings undeutlich geschichteten Dolomit die Neigung mehr in St. 3 nach SW gerichtet zu sein scheint. Ueber diesen Platten zeigt sich ziemlich mächtig Rauhwacke. Das ganze Profil macht jedoch nicht den Eindruck, als ob diese Complexe sich hier in ihrer ursprünglichen Aufeinanderfolge fänden, sondern es scheint, als ob zwischen dunklem Dolomit und den Platten, sowie zwischen diesen und der Rauhwacke Verwerfungen stattgefunden hätten. Leider verhindert massenhafter Gehängeschutt die nähere Beobachtung dieser Verhältnisse, so dass man auf der Strasse nach Barzio nur vereinzelt noch ein merkwürdiges Auftauchen einer aus weichen mergeligen Schichten bestehenden Gesteinsreihe nahe über der Rauhwacke zu Gesicht zu bekommt. Die Mergel sind grünlich grau, röthlich und gelblich gefärbt, von tuffiger Beschaffenheit, enthalten kleine, rundliche, grüne Knöllchen und dürften wohl als Dossena-Raibler Schichten anzusprechen sein.

Erst wo die Strassenabzweigung nach Barzio wieder mit der Hauptstrasse Introbbio-Lecco sich vereinigt, beginnt auf's neue eine fortlaufend ansstehende Zone von Felsmassen,

welche aus graulichem, dünnbankigem, unendlich zerklüftetem Dolomit bestehen. Das Gestein macht gleich von vornherein den Eindruck von Hauptdolomit. In der That glückte es auch in den Felsen dem Dorfe Ballabio superiore gegenüber bei einander alle die charakteristischen Einschlüsse zu finden, welche den Hauptdolomit charakterisiren. Besonders häufig ist *Gyroporella vesiculifera* und *Trochus solitarius*, mehr vereinzelt *Avicula exilis* und jener flache *Megalodon*, dem die italienischen Geologen die Bezeichnung *Guembeli* beigelegt haben. Auch glückte es sogar *Dicerocardium*-Fragmente zu entdecken.

Nach diesem bedeutungsvollen Funde ist es nunmehr nicht mehr zweifelhaft, dass auch bei Esino der typische Hauptdolomit wesentlich an der Zusammensetzung dieser colossalen Gebirge betheiligt ist. Was die Lagerung dieses Hauptdolomits anbelangt, so beobachtete ich zuerst ein Einfallen etwa nach SW. bis gegen Casa del Pradella Chiesa. Von hier dagegen scheint die Strasseneintiefung einem Gewölbaufbruch zu folgen, indem westlich der Strasse die Schichten fortfahren, nach SW. einzufallen, im Osten dagegen nach SO. sich einsenken. Leider beginnt auch hier von der Wasserscheide abwärts Gehängeschicht das anstehende Gestein grossen Theils zu bedecken. Wählt man statt der Strasse den an hohem Gehänge hinführenden Fussweg, welcher in der Nähe unterhalb Ballabio inferiore von der Strasse abzweigt, so stösst man etwa Laorca gegenüber auf sehr beachtenswerthe Verhältnisse.

Die Gesteine sind leider nur hier und da dürftig entblösst und lassen einen klotzigen schwarzen Kalk beobachten, der im Ganzen rhätischen Charakter zu tragen schien. An dieser Stelle fand sich nun in der zur Befestigung des Fussteigs hergestellten Mauer eine Platte schwarzen Kalks, erfüllt von den typischen Versteinerungen des Muschelkalks,

wie er etwa im Val Trompia bekannt ist. *Retzia trigonella* war in Menge vorhanden, ebenso *Terebratula vulgaris, angusta* u. s. w. Leider liess sich das Gestein bei den dürftigen Aufschlüssen anstehend nicht entdecken. Es ist aber nicht denkbar, dass diese Platte von einer weit entfernten Stelle sollte hierher geschafft worden sein. Also auch im Gebiete Esino-Lecco kommt versteinerungsreicher Muschelkalk vor von Typus, wie in Val Trompia und den östlichen Südalpen im Gegensatz zu der dolomitischen Entwicklung, wie wir diese bis jetzt bei Varenna-Bellano kennen gelernt haben. Vielleicht gelingt es in dem nahen, tiefen Thale der Galdone, durch welches ein Weg nach Mortcrone führt, diesen Muschelkalk anstehend zu entdecken. An den Gehängen abwärts gegen Lecco ist Schutt und Anschwemmung so angehäuft, dass hier nicht leicht etwas davon zu finden sein dürfte.

Das Gebirge westwärts von der Thalstrasse bei Laorca und Rancio, welches sich sehr steil erhebt, sitzt auf einer felsigen Terrasse auf, deren Gestein gegen Sasso Stefano streicht. Jch vermuthe, dass dies noch eine Fortsetzung des Hauptdolomits sei, der in einer darüber hinziehenden Einbuchtung des Terrains vielleicht die Dosseno-Schichten und über diesen den weissen Esinokalk — in überstürzter Lagerung — trägt. Wenigstens beginnt der Esinokalk auf der Strasse von Lecco nordwärts gegen Varenna schon bei dem ersten Haus jenseits Sasso Stefano und unter S. Martino mit sehr deutlich gekennzeichnetem Esinodolomit, der *Gyroporella annulata* führt. Alle Schichten fallen bis hoch an die auf der Karte namenlosen Berge und bis zur Wasserfurche der Bella farina, durch welche eine Schichtungwendung angezeigt wird, in St. 10—10½ unter 65° nach NW. Damit haben wir nahezu wieder den Fundpunkt der Dossena-Raibler Schichten im Gerona-Thal bei Abbadia erreicht, der im Vorausgehenden schon beschrieben wurde.

4. Die Schichtenfolge am Berggehänge zwischen Lecco und Calolzio.

Wendet man sich vom Lecco südöstlich an das rasch aufsteigende Berggehänge gegen Germanedo und Belledo, so stösst man hier sofort wieder auf typischen Hauptdolomit, der die Fortsetzung des Zugs von Ballabio zu sein scheint. Seine Schichten fallen constant in St. 9—10 mit 45° NW. Sobald man eine Schlucht etwas S. von Belledo erreicht hat, treten unter diesem Hauptdolomit die rhätischen *Avicula contorta*-Schichten zu Tag. Es sind graue klotzige Mergelkalke mit Mergelzwischenlagen, welche durch zwar nicht häufige, aber charakteristische Versteinerungen die rhätischen Azzorola-Lagen unzweifelhaft kennzeichnen. Ihre Mächtigkeit mag 400 m betragen. Die Schichten senken sich conform in St. 10 mit 45° NW unter jene des Hauptdolomits ein.

Unter ihnen lagert ein dichter, z. Th. dolomitischer, gelber und weisslich gefleckter Kalk, der als Stellvertreter des oberen Dachsteinkalkes gelten dürfte. Einfallen wie oben. Nun beginnt südwärts unmittelbar darunter jenes ungemein mächtige System schwarzer, dünnschichtiger, mit Mergel wechselnder oft überaus Hornstein-reicher Kalke, welche in der Gegend sehr häufig wegen ihres lagerigen Bruchs als Mauersteine Verwendung finden. Trotz der grossen Mächtigkeit ist das Gestein trostlos versteinerungsarm. Ausser einzelnen *Pentacrinus* fanden sich an der Schwefelquelle bei Maggianico spärlich Algen von der Form des *Chondrites latus* Guemb. und Fischschuppen. Das Gestein ist das nämliche, wie es auch weiter westwärts z. B. am Mt. Generoso ansteht und dort grossartige Gebirgstheile fast ausschliesslich zusammensetzt; es gleicht in auffallender Weise den sog. Algäuschichten der Nordalpen und besitzt auch, wie diese, die Neigung in kieselreiches

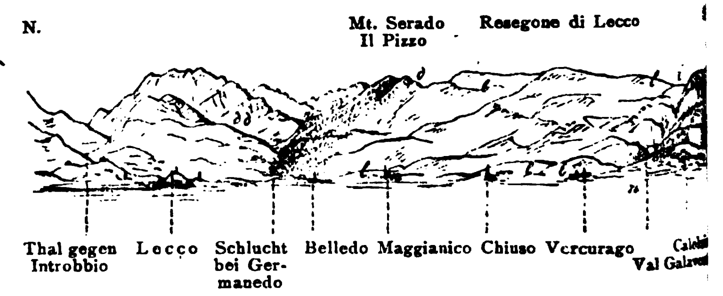
ein überzugehen, sowie in vielfache Windungen sich zu en. Südlich von Lecco ist im grossen Ganzen jedoch Einfallen conform mit jenen der genannten älteren ichten nach NW., also unter diese untertauchend. Man t vom Thal aus, dass dieses widersinnige Einfallen bis chst auf die benachbarte Bergköpfe gegen Il Pizzo unndert anhält. Bei Chiuso bildet ein Zwischenlager von gefärbtem dolomitischem, dünnbankigem Kalk eine vorgende Gebirgsrippe. Es ist möglich, dass darin bereits jüngere Schichtenlage angedeutet ist. Indess beginnt e von hier an Gehängeschutt den Zusammenhang der insreihe zu unterbrechen. Es ragen nur höher am gehänge vereinzelte Schichtenköpfe über den Boden vor. bei Vercurago begegnen wir wieder grösseren zu Tag reichenden Gesteinsmassen und zwar jenem petrographisch stimmt gekennzeichneten, dichten, weissen, grünlichen rothen Kalksteinschiefer, der durch den Einschluss von chus *alpinus* auch paläontologisch als tithonischrassisch sich verräth. Auch in diesen Schichten tritt eine bis zum Verwechseln gehende Aehnlichkeit mit Nordalpen entgegen, insbesondere ist es das massen Vorkommen von rothem Hornstein, durch welches Bildungen sich einander so sehr nähern. Diese Schichten gleichfalls constant NW. d. h. unter der Lias ein.

Es fehlt nun freilich zwischen den letzten als Lias bet zu bezeichneten Lagen und diesen Juraaptychenhten eine Reihe von Zwischengliedern, wie sie etwa bei redo und am Gardasee entwickelt sind. Es mangelt aber ser Stelle bei Vercurago an guten Aufschlüssen, welche et wären, zur Entscheidung zu bringen, ob solche etwa obersten Lias dem Doggen und den Juraschichten mit nites *acanthicus* entsprechende Bildungen in diese Gevorhanden sind oder nicht.

Die zunächst darunter lagernden Gesteine bestehen

nach den Aufschlüssen in der engen Schlucht der Galav
an den Mühlen und in mehreren Steinbrüchen bei Calol
aus grauen, erdigen, gelbverwitternden Sandkalk- und Merg
lagen von der Beschaffenheit der tieferen Neocombildung
ähnlich den Rossfeldschichten. Nur hier und da finden sich a
in diesen Reihen noch röthliche Färbungen. Fast so w
das Auge reicht, zeigt sich überall noch NW. Einfall
nur in den äussersten Bergen in SO. wenden sich
Schichten gewölbeartig und senken sich dann flach n
S. ein.

Das Gebirge von Lecco bis Cololzio.



dd = Hauptdolomit: r = rhaetische Schichten; d = oberer Dachstein; e = L
Schichten; i = Juraaphichenschichten; n = Neocombildung.

Diese nur flüchtige Skizze der Gesteinsaufeinanderfol
und ihrer Lagerungsverhältnisse ist desshalb von so gross
Bedeutung, weil sie uns ein Beispiel einer über beträch
liche Gebirgstheile weggreifenden, in den westlichen Südalp
so seltenen überkippten Lagerung kennen lehrt, welche
genau ein Ebenbild der Verhältnisse am Nordrande d
Alpen vorführt. Ich bin, wie bisher, auch jetzt noch d
Ansicht, dass wir es in der That am Südrande der Alp
mit einer jüngeren angelagerten Kalknebenzone zu th
haben, nach Analogie jener am Nordrande und es ist
mich auch desshalb schon unfasslich, die Alpenerheb
von einer einseitigen Lateralpressung abzuleiten. Angesic

der eminenten Fächerfaltung der Schichten des Gotthardtunnels bin ich jetzt mehr als je überzeugt, dass die Bewegung der Alpenaufrichtung von Innen her aus der Centralkette nach Aussen drückend gewirkt hat, indem sie in den mittleren Gebirgstheilen vorherrschend emporschiebend, nach dem Rande hin aber vorschiebend und überschiebend thätig war, nicht etwa in Folge des Aufdrängens innerer Feuerfluthmassen oder vulkanischer Hebungen, sondern in Folge der Contraction gewisser tiefer Krustentheile, wodurch die oberen Gesteinsmassen auf kleinen Raum zusammengezogen, in Falten gelegt und emporgestaut wurden.

5. Das Gebirge von Lugano.

Wir verlassen das engere Gebiet des Comer See's, um noch einen Blick auf die höchst merkwürdige Umgebung von Lugano zu werfen, welche, seit die Geologie zur Wissenschaft geworden ist, nicht aufgehört hat, der Zielpunkt geologischer Forschungen zu sein. Und doch bieten sich hier noch dunkle Punkte genug, welche einer weiteren Aufhellung bedürfen. Es wird dies am deutlichsten, wenn man einen vergleichenden Blick auf die geologischen Karten dieser Gegend wirft, wie es schon früher angedeutet worden ist. Es sind hier nicht bloss die in grossen Massen hervorgebrochenen Porphyre, sondern selbst das herrschende Grundgebirge, das Conglomerat von Manno und die Dolomite von St. Salvatore, welche zu sehr verschiedenartiger Auffassung Veranlassung gegeben haben.

Was zunächst das Grundgebirge anbelangt, welches allerdings zunächst bei Lugano durch mächtigen Glacialschutt häufig dem Auge entgegen ist, so herrscht in demselben der Schiefer vor, welcher früher Glimmerschiefer genannt, neuerlich als Glimmmerquarzit, auch als Sericit- und Casannaschiefer aufgeführt wird. Im grossen Ganzen finde ich das vorherrschende Gestein übereinstimmend mit dem Phyllyt

ausseralpiner Gebirge mit den diesem meist begleitenden und ihm eingebetteten quarzitischen, chloritistischen, selbst gneissartigen Zwischenlagen. Dabei kommen allerdings häufig auch hellfarbige, stark glimmerglänzende Schiefer vor, bei welcher in der That sogar sich wie bei dem typischen Glimmerschiefer, einzelne Glimmerschüppchen loslösen und sich biegen lassen, ohne zu brechen. In der Regel ist jedoch dieser Glimmerglanz nur von der sericitartigen Beimengung erborgt, welche nicht selten die Oberhand über die chloritischen Bestandtheile erlangt. Der vorherrschende Charakter des glimmerigen Schiefers bei Lugano besteht jedoch darin, dass eigentliche Glimmerblättchen sich nicht abspalten lassen, sondern dass man dünne Spaltstückchen erhält, die sich nicht elastisch biegen, und bei dem Versuche, sie zu biegen, leicht zerbrechen.

Auch erleiden diese Schiefer unter Luftabschluss mit Chlorwasserstoffsäure längere Zeit behandelt eine theilweise Zersetzung und man erhält eine an Eisenoxydul reiche Lösung, welche sich wie die bei der Zersetzung ausseralpiner Phyllite durch Salzsäure erhaltene Lösung eines chloritartigen Bestandtheils verhält.

Es ergibt sich als theilweises Zersetzungsprodukt durch kochende Chlorwasserstoffsäure 24% der Substanz, welche nach dieser Behandlung weiss, perlenartig schimmert. Die zersetzte Substanz enthält in Procent:

Kieselsäure	25,00
Thonerde	16,66
Eisenoxyd	25,41
Eisenoxydul	12,80
Manganoxydul	Spur
Kalkerde	2,09
Bittererde	4,44
Alkalien	2,50
Wasser	10,44
	99,34

Daraus geht die Aehnlichkeit der Substanz mit dem Phyllochlorit der Phyllite hervor, während der zurückbleibende Rest eine Menge von Quarz und eine glimmerig sericitische Masse darstellt.

Auch in Bezug auf die linsen-, streifen- und flaserförmige Ausscheidung von Quarz verhalten sich die Schiefer bei Lugano dem Phyllite ganz gleich. In Querdünnschliffen bemerkt man die charakteristische, streifig flaserig linsenförmige Art der Zusammenlagerung der Gemengtheile. Während der Quarz kleine linsen- oder streifenförmige Lagen ausmacht, bildet der glimmerig sericitische Gemengtheil wellig flasrige Streifen, die wie ein aufgedrehtes Seil fein gefasert erscheinen. Die chloritische Beimengung endlich findet sich in kleineren und grösseren Schuppen, welche theils in besonderen Zwischenlagen, theils verwachsen mit den übrigen Gemengtheilen an der Zusammensetzung des Gesteins sich betheiligen. Die sonst charakteristischen Bellonite der krystallinischen Schiefer konnte ich nicht wahrnehmen. Auch stimmen sie darin mit diesen überein, dass sie mit chloritischen und hornblendischen Zwischenschichten wechsellagern. Selbst graphitische Einlagerungen kommen vor z. B. am Fusse des Mt. S. Salvatore. Wenn vollständig glimmerschieferartige Schichten gleichfalls nicht fehlen, so nehmen sie doch gegenüber dem mehr zum Phyllit sich hinneigenden vorherrschenden Gestein eine untergeordnete Stellung ein. Doch muss zugegeben werden, dass eine strenge Grenze zwischen glimmerigem Phyllit und Glimmerschiefer in der Natur nicht besteht, um so weniger, da beide Bildungen in einander übergehen. Es ist daher vom geologischem Standpunkte weniger Gewicht darauf zu legen, solche verwandte krystallinische Schiefer dem Glimmerschiefer oder dem Phyllit zuzuweisen.

Von Bellinzona herkommend sehen wir am Aufsteig zum Monte Cenere vorwaltend ächten Glimmerschiefer, durch

welchen auch grösstentheils der Tunnel getrieben wird. Die Schichten fallen mit bemerkenswerther Beständigkeit in St. 9—10 nach SO. ein. In diesem Schichtencomplexe liegen nun häufig Bänke gneissartigen und quarzitischen Gesteins. Sie werden vorzugsweise aufgesucht, um aus ihnen brauchbares Material für die Ausmauerung gewisser Theile des Monte Cenere-Tunnels zu gewinnen. Man bemerkt hier selbst granulitähnliche, durch Granaten gekennzeichnete, hellfarbige Abänderungen. Oben auf der Wasserscheide gegen den Luganer See zeigen sich Gletscherschliffe in grossartigem Maassstabe, wie denn rings alle Berge bis zu einer bestimmten Höhe in Form von Rundbuckeln vom Gletscher bearbeitet und abgeschliffen erscheinen. Hier vollzieht sich auch nach und nach der Uebergang in quarzitische Lagen und in Phyllit, wobei sich zugleich eine Schichtenwendung ergiebt. Quarzreicher Glimmerphyllit in der Nähe des Bahnhofs Lugano fällt in St. 3 mit 55° nach N. Ebenso ist das vorherrschende Einfallen in dem tiefen Bahneinschnitte, in welchem ausgezeichnete chloritische Lagen sich einstellen, ein nördliches bis Lamone, wo der quarzige Phyllit in St. 4 streichend wellig gebogen sowohl nach NW. wie SO. sich neigt.

Doch ist diese Lagerung nicht constant. An dem Seeufer bei Cassarago O. von Lugano beobachtete ich an dem glimmerreichen Phyllit mit Quarzlinsen ein Einfallen in St. 7 unter 25° nach SO. Bemerkenswerth ist, dass hier dieses Gestein rasch in einen ausgezeichneten dioritischen Hornblendeschiefer verläuft, dessen Einfallen in St. 6 unter 35° nach O. nahezu mit jenem des Phyllits übereinstimmt. Ihm folgt dann bei der Villa Tynemouth wieder glimmeriger, granatführender Phyllit. Am Fusse des Mt S. Salvatore bei Paradiso steht glimmeriger Phyllit mit schwärzlichen, graphitischen Zwischenlagen an, der erst in St. 5 mit 75° nach SW. einschiesst, dann etwas höher aber nach NO. sich umbiegt.

Als das zunächst auf dieser Schieferunterlage abgesetzte Gebilde muss das grobe graulichweisse Conglomerat von Manno NW. von Lugano am Agnothalrande bei Lamone gelten. Nach den von Heer[16]) vorgenommenen Bestimmungen der in dem rohen Material nur dürftig erhaltenen Pflanzenreste nämlich:

Sigillaria testulata Brgn.
„ *elongata* Brgn. und
Calamites Cisti Brgn

wäre dieses Gebilde als mittelcarbonisch anzusehen.

Was die Lagerungsverhältnisse betrifft, so bieten diese wenig Bemerkenswerthes. Kommt man von Lugano über Biaggio, so findet man hier allseitig glimmerigen Phyllit mit quarzitischen und selbst gneissartigen Einlagerungen als Grundgebirge mit nach N. einfallenden Schichten. Auch der ganze Vorberg zwischen Biaggio und Manno, welchen die Spreafico-Taramelli'sche Karte als V = Verrucano angiebt, besteht nur aus diesem älteren Schiefer. Zwischen Manno und dem ausgedehnten Steinbruche, in welchem gegenwärtig in grossartigem Maassstabe für die Zwecke der Eisenbahn Steine gebrochen werden, steht in dem Wasserriss als unmittelbar Liegendes glimmeriger Phyllit in St. 9 mit 53° NW. einfallend an. Die mächtigen Bänke des groben grauen Conglomerats besitzen nahezu gleiches Einfallen in St. 9—10 mit 35° nach NW., oben auf der Höhe in St. 10 mit 45° nach NW. Die groben Rollstücke der Conglomeratbänke bestehen vorherrschend aus Quarz und verschiedenen Urgebirgsfelsarten, soviel ich beobachten konnte mit Ausschluss von Porphyr. Einzelne Zwischenlagen sind mehr sandig, von feinerem Korn, gleichfalls vorherrschend grau, zuweilen jedoch aber auch röthlich gefärbt. Eigent-

16) Flora foss. Helvetiae p. 41, 42 und 47; dann Urweld der Schweiz II. Aufl. S. 14.

liche thonige Zwischenlagen, die zum Auffinden besser erhaltener Pflanzenreste würden Hoffnung geben, fehlen durchaus. Auch das Wenige von Pflanzenresten, welches im feinern Sandstein sich findet, ist undeutlich, und nur in dem groben Conglomerate bemerkt man Stämme mit Kohlenrinde, die zu der oben erwähnten Bestimmung von Heer gedient haben werden. Ich durchsuchte den ganzen Abhang gegen eine alte Kapelle oberhalb Manno und Ruvė, ohne auf andere jüngere Ablagerungen zu stossen, welche mit dem Conglomerat von Manno in Verbindung stehen würden. Erst in dem tiefen Wasserriss gegen Gravesano zeigten sich rothe, sandige Schiefer, rothe und grüngraue Sandsteine voll von Wülsten, ähnlich den von Bohrmuscheln erzeugten Eingrabungen, dann intensiv rothe Lettenschiefer, dem Servino entsprechend und grünliche, gelbverwitternde Sandmergel. Diese Gebilde entsprechen unzweifelhaft dem Complex der Schichten, welche wir in den Bergamasker Alpen über den Collio-Schichten als Grödener Sandstein und Seisser Schichten angesprochen und dem Buntsandstein gleichgestellt haben. Es ist sehr bemerkenswerth, dass also auch bei Lugano die tiefen oder älteren vorherrschend grauen carboni'schen Gesteine getrennt von den jüngeren der vorherrschend rothgefärbten Reihe aufzutreten pflegen. Wenn mit irgend einer Bildung, so lässt sich das Manno-Conglomerat nur mit dem tiefsten der Collio-Schichten in Parallele setzen.

Mit dem rothen Sandstein steht übrigens auch noch das Vorkommen eines rothen, bläulichrothen und gelblichen pechsteinartig ausgebildeten Porphyrs in Verbindung, von dem zahlreiche eckige Bruchstücke in dem Wasserrisse liegen; anstehend mag sich der Porphyr am Ausgang des Grabens finden, wo die Karte von Taramelli einen solchen anzeigt.

Weder das Mannoconglomerat noch der rothe Sandstein streicht hier in NO. Richtung über das Thal. Der

kleine Hügel bei Grumo und der hohe Berg bei Lamone von S. Zenone besteht nicht aus diesen Schichten, wie die eben erwähnte Karte fälschlich anzeigt, sondern aus quarzigem und glimmerigem Phyllit.

Wenden wir uns von Lugano südwärts, so stehen wir zunächst vor dem in hohem Grade interessanten Berg St. Salvatore. An seinem Fusse treten, wie schon erwähnt wurde, zwischen Paradiso und S. Martino glimmerige Phyllite mit wellig gewundenen Schichten nach St. 5 mit 75° S. und mit St. 5 nach N. fallend zu Tag. Eine Lage zeichnet sich durch schwärzliche Farbe und graphitische Beimengung aus. Dieses Gestein ist plötzlich scharf abgeschnitten und es erscheint nun daran angelehnt ein mächtiges System rother Gesteine und zwar zunächst rothes Conglomerat, dann wechsellagernd rother, buntgefärbter Sandstein und rother Lettenschiefer. Ein grosser Steinbruch legt diese Schichten in ausgiebiger Weise bloss. Die Schichten fallen erst in St. 1 mit 80° steil nach N. ein, setzen an einen Bruch ab und fallen nun in St. 2 mit 85° südlich ein; legen sich aber in südlicher Richtung sehr rasch flacher und neigen sich dann unter 55° in St. 3 nach SW.

Die theils intensiv rothen, theils grauen Sandsteinschiefer enthalten dieselben Wülste, wie sie bei Manno-Gravesano oben erwähnt wurden, Wellenfurchen und Austrocknungsrisse, welche sie als Strandbildung kennzeichnen. Eine zwischenlagernde weisse Sandsteinbank erinnert an die Neumarkter pflanzenführende Schicht, wie denn einzelne, aber sehr undeutliche Pflanzenreste, darunter kenntlich nur *Equisetum* spec. in mehreren Streifen sich zeigen. Man glaubt sich ganz in eine ausseralpine Buntsandsteingegend versetzt, so ähnlich sind diese Gesteine den mitteldeutschen Bildungen.

Noch muss bemerkt werden, dass die tiefsten Conglomeratbänke Phorphyrrollstücke enthalten und durchaus

dem Mannoconglomerat nicht gleichen, das hier wahrscheinlich fehlt.

Verfolgt man nun die Sandsteinbildung weiter nach dem Hangenden zu, so gehen diese nach und nach, aber sehr deutlich über erst in ungleichförmig aufruhende dolomitisch sandige Schichten von graulicher und röthlicher Färbung (Stellvertreter der Seisser-Schichten) und endlich in mehr oder weniger rein schwärzlich grauen und lichteren, stark zerklüfteten Dolomit. Dieser enthält in der Nähe eines Bahnwärterhäuschens zahlreiche *Crinoideen* und jene organische Einschlüsse, welche schon von früherer Zeit her [17]) bekannt, das Gestein unzweideutig als Muschelkalk kennzeichnet.

Es genügt unter diesen von Lavizzari [18]) und Stabile [19]) gesammelten Muschelkalkversteinerungen als beweisgültig nach Merian's Bestimmungen anzuführen:

Terebratula vulgaris
„ *angusta.*
Spririfer fragilis
Pecten inaequistriatus
Myophoria curvirostris (auch durch Hauer bestätigt)
Encrinus liliiformis.

Dieselbe *Crinoideen*-reiche Bank fand ich auch als eine der ersten unter dem Gehängeschutt frei zu Tag tretenden Schichten auf dem Weg zum Mt. S. Salvatore oberhalb Pazzollo.

Gegen die Richtigkeit dieser Annahme erhoben sich aber bald grosse Bedenken, als durch das fleissige Sammlen

17) F. P. Merian, Verhandl. d. naturf. Ges. in Basel I für 1855 S. 84 und II für 1855 S. 314 u. 319; Fz. v. Hauer Sitz. d. Ak. d. Wiss. in Wien 1855 XV Nr. 7.

18) Atti d. soc. elvet. d. sc. natur. riunita in Lugano 1860. (1861) p. 13.

19) Daselbst p. 139 u. Verh. d. naturf. Ges. in Basel, 1. Heft S. 84.

von Versteigerungen am Mt. S Salvatore neben den Muschelkalkarten auch zahlreiche Formen von Esino gefunden wurden. Soll man annehmen, dass am Mt Salvatore Muschelkalk und Esinoversteinerungen vereinigt miteinander vorkommen?

Sehen wir uns zunächst das Profil an der Strasse S. von St. Martino weiter an, so beginnt nahe über dem noch regelmässig gleichförmig mit dem rothen Sandstein in St. 3 mit 55° SW. einfallenden *Crinoideen*-reichen Dolomit leider sogleich mächtigen Gehängeschutt das anstehende Gestein längs der Strasse zu verdecken. Nur hoch am Gehänge sieht man die weissen Felswände sich steil erheben. In diesem von den oberen Theilen des Mt. Salvatore herabgebrochenen Schutt nun kommen in der That zahlreiche Versteinerungen von Esino vor, z. B. *Chemnitzia Escheri; Ch. gradata; Ch. obliqua; Ch. exilis; Ch. concava; Natica Meriani* u. s. w. neben manchen eigenthümlichen Formen und nicht hieher gehörigen Arten wie z. B. *Halobia-Lommeli; Avicula exilis* u. s. w. Ich fand nicht selten auch *Gyroporella annulata.* Es ist demnach doch wohl nicht zweifelhaft, dass die Hauptmasse des Bergs aus Esino-Dolomit zusammengesetzt sei Beobachtet man nun die Gesteinsmassen, welche die höheren Felsen zusammensetzen, aufmerksamer, so erkennt man deutlich einen plötzlichen Wechsel in der Gesteinslagerung, der sich nahe oberhalb des Crinoideendolomits vollzieht. Dies bestätigen auch direkte Beobachtungen an dem Weg zum Berggipfel, an welchem die höheren Dolomitschichten in St. 7 mit 45° nach W. einfallen.

Ich bin daher zur Annahme gelangt, dass trotz der petrographischen Aehnlichkeit zwischen dem *Crinoideen*-reichen Muschelkalkdolomit am nördlichen Gebirgsfusse und dem Esinodolomit des höheren Bergtheils dennoch eine strenge Scheidung zwischen beiden stattfinde und dass nur in

Folge einer Dislokation an einer grossartigen Verwerfungsspalte, welche etwa von St. Martino beginnend in SW. Richtung über Carabbia und Ficino-Brusim piano fortzieht, die beiden Dolomite unmittelbar zusammenstossen, während der sonst dem Muschelkalk auflagernde schwarze Varannakalk und die Perledoschichten, wenn diese hier überhaupt noch entwickelt sind, überschoben und bedeckt an der Oberfläche nicht mehr zu Tage treten. Wenn man daher nur längs der Strasse von Lugano nach Melide und in den Schutthalden sammelt, ist es leicht erklärlich, dass Muschelkalk- und Esinoversteinerungen vermengt gefunden werden. Diese Schuttüberdeckung hält gegen Melide bis nahe zum Bahnwärterhäuschen Nr. 6 an. Hier taucht ein Zwickel schwärzlicher Lettenschiefer und grauer Sandsteine in wirrer Lagerung empor, bedeckt einerseits von einer Reibungsbreccie, andererseits durchbrochen von dem nun sich mächtig hervordrängenden Porphyrgestein. Zunächst an der Gesteinsscheide zeigt sich eine hellfarbige thonsteinartige Masse, welche zahlreiche schwärzliche Bröckchen breccenartig einschliesst. Dann folgt das schwarze Gestein, welches unter der Bezeichnung schwarzer Porphyr von Lugano bekannt ist. Etwa dem Bahnwärterhäuschen Nr. 6 gegenüber ist darin ein Steinbruch angelegt, durch welchen zwischen dem schwarzen Gestein eingeschlossene Lagen von Sandstein und Conglomerate entblösst werden. Diese deutlich geschichteten Bänke sind dunkelfarbig, mit einem Stich in's Röthliche, stark verändert und offenbar von der aufsteigenden eruptiven Masse eingeschlossen und verändert worden. Sie dürften vielleicht der Reihe des Mannoconglomerats angehören.

Das schwarze Gestein hält nun über Melide hinaus gegen Morcote auf eine weite Strecke aus und nur spärlich zeigt sich endlich der typische r o t h e P o r p h y r, welcher deutlich gangartig aufsteigt. Etwa halbwegs gegen

Morcote beginnt wieder glimmeriger Phyllit, der hier am ganzen Rande des See's bis gegen Ficino anhält. Durch diesen krystallinischen Schiefer setzen nun vor Morcote zahlreiche nicht sehr mächtige Porphyrgänge in prachtvoll entblössten Profilen hindurch. Bald sind es quer durch die Schichten des krystallinischen Schiefers aufsteigende schmale Gänge, von denen aus nur kurze Ausläufer seitlich ins Nebengestein, meist sich zwischen die Schichtenblättchen vordrängend abzweigen, bald kuppenförmig abschliessende Enden breiterer Gänge, an deren Rande die Schiefer in gleichsam gekräuselten Falten zusammengeknickt erscheinen. Die mechanische Pressung, welche hier das Eruptivmaterial auf das Nebengestein ausgeübt hat, lässt sich nicht verkennen. Welcher materielle Einfluss dabei gleichzeitig stattgefunden habe, ist desshalb schwieriger zu beurtheilen, weil der Schiefer längs der Berührung mit der Gangmasse offenbar secundär durch das an der Gesteinsscheide circulirende Wasser starke Veränderung erlitten hat und oft zu einem leicht zerreiblichen, thonigen Material zersetzt sich zeigt, welches keine Beurtheilung der primären, durch das Eruptivgestein etwa verursachten Einwirkung mehr gestattet. Bei Ficino in der tiefen Thaleinbuchtung, welche von dem See sich abzweigend gegen Pambio und Lugano zieht, begegnen wir wieder einem röthlichen Eruptivgestein, ähnlich dem allgemeiner verbreiteten rothen Porphyr, doch so eigenthümlich ausgebildet, dass es wohl Veranlassung zu der auf älteren Karten zum Ausdruck gebrachten Auffassung gegeben hat, dieses Gestein sei Granit. Sehr ähnlich ist diesem auch das rothe Gestein, welches auf der gegenüberliegenden Seeseite bei Brusim piano ansteht und mit Unterbrechungen bei Valgana und bei Brinzio vorkommt, während das schwarze Eruptivgestein mehr in SO. und O. sich ausbreitet und hier namentlich bei Maroggia und Rovio ganz unzweideutig in demselben g a n g a r t i g eingedrungenen

rothen Porphyr einschliesst, wie das Studer schon 1833 richtig beobachtet hat.

Diese für das beobachtende Auge an der rothen und dunklen Färbung leicht zu unterscheidende zwei Porphyr-Arten zogen schon in früherer Zeit die Aufmerksamkeit auf sich und gaben zu verschiedenen Deutungen Veranlassung. Von den älteren Ansichten mögen als die historischen interessantesten jene L. v. Buch's[20]) hier eine Erwähnung finden, welcher zwischen rothen quarzführenden Porphyr und jüngeren schwarzen Porphyr, ähnlich dem Melaphyr in Südtirol, unterschied. Neuerlich haben sich Negri und Spreafico[21]) mit der näheren Untersuchung dieser Eruptivmassen beschäftigt und gelangten zu der Annahme, dass beide Gesteine selbst mit Einschluss des granitartigen Gesteins von Figino nahezu gleichalterig seien, so dass beide Gesteine auf der die Abhandlung begleitenden Karte mit einer Farbe angedeutet sind. Abgesehen von den vielen werthvollen Detailangaben, welche die Verfasser in dieser Abhandlung niederlegen, vermisst man in ihrer Darstellung der petrographischen Verhältnisse dieser Gesteine die Berücksichtigung der durch die Wissenschaft neuerlich gebotenen Unterscheidungsmittel. Es hat sich daher ganz mit Recht jüngst Studer[22]) gegen dieses Zusammenfassen der schon durch das blosse Auge leicht unterscheidbaren beiden Gesteinsarten in der Umgegend des Luganer See's ausgesprochen und eine mikroskopische, sowie chemische Untersuchung derselben veranlasst. Nach der Untersuchung Prof. Fischer's zeigt die Grundmasse des rothen Porphyrs

20) In Leonhard's Zeitschr. 1827 S. 289; dann in Leonh. u Bronn's Jahrb. 1830 S. 320 und Abhandl. d. k. Ak. d. Wiss in Berlin 1827. S. 205.

21) Mem. d. Istituto Lombardo d. Sc. e Lettre t. XI 1869.

22) Zeitsch d. d. geol. Gesellsch. Bd. 27. 1875. V. 417 u. fl.

keine Spur von Zwillingsstreifung und dürfte demnach als Orthoklas zu betrachten sein, während ölgrüne Stellen vielleicht einem Pinitoid angehören könnten. Auch in der Grundmasse des schwarzen Porphyrs und in den eingesprengten kleinen Kryställchen soll sich nur Orthoklas zu erkennen geben. Lauchgrüne, langgezogene Krystalle scheinen Hornblende zu sein, schwarze Körnchen erwiesen sich als Magnetit.

H. v. Fellenberg's chemische Analysen sehr frischen Gesteins, welches Studer aus dem Innern des Tunnels bei Maroggia entnommen hatte, ergaben folgende Zusammensetzung:

I. Rother Porphyr II. schwarzer Porphyr aus dem Eisenbahntunnel bei Maroggia.

	I.	II.
Kieselsäure	71,74	61,67
Thonerde	12,60	16,38
Eisenoxyd	2,45	6,31
Kalkerde	2,30	2,57
Bittererde	1,24	3,02
Manganoxydul	0,84	0,30
Kali	4,14	4,22
Natron	3,41	3,65
Glühverlust	3,50	3,51
	102,22	101,43

P. v. Fellenberg berechnet demnach die Mineralzusammensetzung beider Gesteine und zwar

I. des rothen Porphyrs und II. des schwarzen Porphyrs aus

I.		II.	
Orthoklas	33,78		59,21
Oligoklas	27,01		30,35
Quarz	30,76		—
Eisenoxyd	2,40	Magneteisen	6,22
Wasser	0,93		1,23
Erdcarbonate	5,31		4,44
	100,19		101,45

Es ist wahrscheinlich diesem Nachweise zuzuschreiben, dass auf der erst jüngst erschienenen geologischen Karte der Schweiz Blatt Tessin, deren Publikation nach Spreafico's Tode Prof. Taramelli besorgte, beide Porphyre wieder getrennt als rothe Quarzporphyre und als schwarzer Porphyr dargestellt sind.

Am eingehendsten und gründlichsten hat sich in neuester Zeit Michel-Lèvy in einer besonderen Abhandlung mit diesen Eruptivgesteinen des Luganer See's befasst, nachdem derselbe Gelehrte früher gelegentlich schon mehrfach dieselben erwähnt hatte. Er unterscheidet bei diesen Eruptivgesteinen des Luganer See's 3 wesentlich verschiedene Gruppen, nämlich

I. die schwarzen Porphyre, identisch mit den schwarzen Porphyren der Anthracitschichten der Loire, des Puy de Dome, von Morvan und der Vogesen.

II. Die rothen Porphyre, ganz ähnlich den Porphyren des Kohlengebirgs der Loire und von Morvan und endlich

III. die braunen Porphyre und Pechsteine, analog den permischen Porphyren von Esterel, Morvan, der Vogesen und Sachsens.

Die schwarzen Porphyre besitzen nach Michel-Lèvy eine fluidale oder mikrolithische Grundmasse mit eingestreuten Krystallen von Magneteisen, Amphibol und meist nicht frischen, oft triklinen Feldspäthen, sind weder sauer noch basisch und zeigen weder eine sphärolithische Struktur, noch jene des Petrosilex. Manche enthalten auch als Zersetzungsprodukte des Amphibols Serpentin.

Die rothen Porphyre, welche theils eine compacte, theils durchaus krystallinische Grundmasse besitzen, enthalten Orthoklas und Plagioklas, dann chloritische oder Steatit-Beimengungen, schwarzen Glimmer und Quarz. Nach ihrer Struktur kann man 4 Varietäten unterscheiden, näm-

lich mikrogranulitische, mikropegmatische, sphärolithische und fein variolithische, wie sie bei den Porphyren von Alter der Steinkohlenformation in allen Ländern vorzukommen pflegen.

Die braunen Porphyre haben nur geringe Verbreitung (Cogliate, Grantola) und schliessen sich dem bekannten Pechstein innig an.

Die mir vorliegenden von mir selbst und von meinem Begleiter Hrn. Dr. v. Ammon gesammelten zahlreichen Proben von sehr verschiedenen Stellen des Luganer Porphyrgebietes ergaben bei näherer Untersuchung namentlich bezüglich der sog. schwarzen Porphyre von den bisherigen Schilderungen ziemlich abweichende Resultate, die ich kurz hervorzuheben für nöthig finde.

Bezüglich der rothen Porphyre stimmen meine Beobachtungen ziemlich mit jenen von Michel-Lévy überein. Unter allen mir vorliegenden Proben aus verschiedenen Fundstellen erscheint ein Gestein von Bissone für das unbewaffnete Auge am wenigsten angegriffen und verändert. Es besteht aus einer anscheinend bräunlich-rothen dichten Grundmasse mit reichlich eingestreuten mehr oder weniger rundlichen und eckigen Quarztheilchen, zahlreichen, meist ziegelrothen, zuweilen auch hellergefleckten, kleineren Feldspathprismen und fleischfarbigen bis weisslichen grösseren Feldspathausscheidungen und endlich mit ziemlich vielen schwärzlichen Glimmerputzen. Sehr viele der ziegelrothen Feldspathe zeigen deutlich die Parallelstreifung der Plagioklase, gehören also sehr wahrscheinlich dem Oligoklas an, der demgemäss sehr häufig beigemengt ist, während die hellfarbigen Feldspathe sowohl jene in grösseren Ausscheidungen, als auch die mit dem ziegelrothen Plagioklas verwachsenen zum Orthoklas gehören. Bei näherer Besichtigung erweist sich das Gestein trotz des äusseren Aussehen doch als ziemlich angegriffen, was schon durch viele ockerige Stellen (viel-

leicht zersetzter Schwefelkies) sich bemerkbar macht. Auch erweisen sich hellere Stellen, namentlich bei dem Plagioklas als Umwandlungen in eine weiche Steinmarksubstanz. Die Dünnschliffe bestätigen im Allgemeinen die gemachten Wahrnehmungen, geben aber bezüglich der Beschaffenheit der Grundmasse unerwartete Aufschlüsse. Diese ist nämlich nicht einfach kryptokrystallinisch, sondern mit zahllosen kleinen, radialfasrigen Kügelchen nach Art der Sphärolithe erfüllt, zwischen welchen nun zahlreiche kleinste Nädelchen von Feldspath, Schüppchen von Glimmer und feine dunkle Pünktchen durch eine kaum bemerkbare amorphe Metastasis verbunden sich zeigen. Bei den sphärolithischen Ausscheidungen ist i. p. L. das dunkle Kreuz meist undeutlich und fragmentär sichtbar; dafür treten facettenartige radicale Streifungen auf. Auch die meisten grossen wasserhellen Quarzausscheidungen sind von einer schmalen, radial streifigen Zone umgeben, enthalten viele Bläschen, feine Nädelchen (? Apatit) und rundliche Putzen der Grundmasse, welche meist noch mittelst eines Stiels mit der äusseren Umgebung zusammenhängen.

Durch Einwirkung von Chlorwasserstoffsäure wird wenig an dem Gestein verändert, nur dass der schwarze Glimmer sich völlig entfärbt.

Aehnlich verhält sich das in der Nähe bei Maroggia in unzweifelhaften Gängen den schwarzen Porphyr durchsetzende, durchaus ziegelrothe Gestein. Die Grundmasse zeigt sich bröcklich, dicht mit noch wenigen intensiv roth gefärbten Plagioklaskryställchen, zahlreichen, blass ölgrünen Steinmark-artigen Putzen und unrein bräunlichen Flecken und grossen wasserhellen Quarzkörnchen. Makroscopisch lässt sich weder Orthoklas, noch Glimmer erkennen. Die weiche Steinmarksubstanz scheint aus der Zersetzung des ersteren, die schmutzigbraune aus der Umwandlung des letzteren hervorgegangen zu sein. Auf den Klüften hat

sich Kalkspath angesiedelt, daher das Gestein mit Säure befeuchtet, schwach braust.

Auch die Dünnschliffe lassen u. d. M. eine sehr analoge Zusammensetzung wahrnehmen, nur dass die amorphe Metastasis fast ganz verschwunden ist und die schönstrahligen Sphärolithe, welche häufig Quarztheilchen umranden, deutlich das dunkle Kreuz zeigen; die sphärolithisch strahlige Struktur dringt selbst bis in die kleinen Perlchen vor, welche in den wasserhellen Quarzausscheidungen liegen. Unzersetzter Orthoklas lässt sich wenig auffinden; die wahrscheinlich früher von ihm eingenommenen Stellen besitzen im p. L. nur Aggregatfarben.

Am gegenüberliegenden Seeufer bei Ciona unfern Melide steht ein sehr hellfarbig fleischrother, quarzreicher, leider sehr zersetzter Porphyr an, in dessen Grundmasse nur einzelne grössere, gleichfalls hellfarbige Orthoklase und grosse wasserhelle Quarze mit krystallartigen Umrissen und ockrige oder schwarze Flecken, welche die Stelle des zersetzten Glimmers einzunehmen scheinen, liegen. Ziegelrother Oligoklas fehlt. In den Dünnschliffen löst sich die scheinbar dichte Grundmasse in eine mikrokrystallinische Masse mit wenig Nädelchen, aber viel unregelmässigen Körnchen von Quarz fast ohne Metastasis auf. Zeichen einer Bewegungsstreifung und einer sphärolithischen Ausbildung sind nur spurweise vorhanden. Die schwärzlichen, wolkenartig gruppirten drusigen Theilchen lassen sich (ausser Eisenocker und vielleicht Magneteisen) kaum einem bestimmten Mineral zuweisen. In einzelnen Fällen verhalten sich die schön grünen Häufchen wie Pistacit. Die zahlreichen Bläschen der Quarze enthalten hier Flüssigkeitseinschlüsse.

Diese Varietät verbindet mithin die verschiedenen Gruppen mit sphärolithischer und mikrolithischer Grundmasse.

Eine sehr bemerkenswerthe Varietät ist jene von Val-

gana N. von Varese. Es ist ein sehr lichtfarbiges, anscheinend dichtes Gestein mit kaum in die Augen fallenden Ausscheidungen von Quarz und Orthoklas. In den Dünnschliffen beobachtet man, dass die feinkrystallinische Grundmasse eine Menge von dunklen, staubähnlichen Theilchen umschliesst, welche häufig in eine sphärolithische Gruppirung sich vereinigen, hier und da selbst deutliche Sphärolithe bilden. Ausserdem ist der ausgeschiedene Quarz vielfach gradlinig umgrenzt, und meist in schmale, säulenförmige Leistchen entwickelt, die oft sternförmig sich gegen einander stellen. Wir haben es in diesem Gestein offenbar mit einer Zwischenform zwischen der sphärolithischen und jener merkwürdigsten aller Varietäten dieser Gegend zu thun, die Michel-Lévy die mikropegmatitsche nennt. Es ist dieselbe Struktur, welche Veranlassung gegeben hat, dass ein Theil dieser Porphyre früher als Granite angesprochen worden ist.

Es liegen mir von dieser Granit-ähnlichen Entwicklung von 2 Fundstellen Gesteinsstücke vor von dem vielgenannten Figino am Westarm des Luganer See's und von Brinzio N. von Varese.

Das drusige, rothe, schwarfleckige Gestein von Figino kann als Typus dieser Varietät gelten, welche durch Uebergänge ganz unzweifelhaft mit den übrigen Varietäten des rothen Porphyrs von Lugano untrennbar verbunden ist.

Das Gestein ist makroskopisch zusammengesetzt aus ziemlich grossen hellfarbig röthlichen Orthoklaskrystallen, die stellenweis durch wahrscheinlich aus deren Zersetzung hervorgegangene Putzen von grünlich-weissem Steinmark ersetzt werden, aus tiefrothem Oligoklas, dann aus wasserhellem Quarz und nur spärlich eingestreutem schwarzem Glimmer. Diese grösseren Krystallausscheidungen liegen in einer Grundmasse, die deutlich aus gleichen Mineraltheilchen zusammengesetzt ist. Gleichzeitig finden sich oft grosse Putzen von Brauneisenocker und schwarzer, Wad-

artiger Substanz eingestreut und das Gestein reichlich von zackigen Hohlräumchen unterbrochen, in welchen die Enden schön auskrystallisirter Feldspäthe und Quarze zum Vorschein kommen. Betrachtet man die Dünnschliffe, so tritt sofort die eigenthümliche, an den Schriftgranit erinnernde Ausbildung der kleinen Quarzkrystalle zwischen den meist undurchsichtigen Feldspaththeilchen deutlich hervor, welche in der That diese Varietät als eine Pegmatit-artige Entwicklung des rothen Porphyrs bezeichnen lässt. Bemerkenswerth ist bei dieser Art der Verwachsung, dass zuweilen die Feldspathsubstanz büschelförmig in die Quarzmasse hineinragt, was für eine nahezu gleichzeitige Verfestigung beider Mineralien zu sprechen scheint.

Das Gestein von Brinzio ist durchweg feinkörnig krystallinisch zusammengesetzt, ohne Hohlräume und besonders auffallende Krystallausscheidungen, jedoch mit ziemlich zahlreichen Putzen weisslicher, weicher Steinmark-ähnlicher Substanz versehen. Mit blossem Auge gewahrt man als Gemengtheile insensiv fleischrothen Feldspath, Quarz, grünlich schwarzen Glimmer und Schwefelkies. Nach den Dünnschliffen verbindet sich die bei dem Porphyr von Figino beschriebene, an Schriftgranit erinnernde Ausbildung der Gemengtheile mit einer oft sternförmigen Anordnung der Quarzlamellen und einer bis in das Kleinste oder in's Zellenförmige gehenden Verwachsung, wobei der feldspathige Gemengtheil weniger individualisirt und in einzelnen Krystalltheilchen abgegrenzt erscheint, zugleich eine Menge feiner dunkler Staubtheilchen umschliesst, die oft sphärolithisch gruppirt erscheinen. Diese Dünnschliffe bieten daher ein prachtvolles wechselndes Bild dar.

Diesen mehr oder wenig deutlich krystallinisch entwickelten rothen Porphyren stehen nun die theils intensiv rothen, theils dunkelblau-grauen und röthlichen Porphyre von pechsteinähnlicher Beschaffenheit gegenüber,

wie jene von Cugliate, Cunardo, Grantola [23]) und Gravesano, welche aber nicht, wie die Schweizer Karte angibt, zur Gruppe der schwarzen, sondern zu jener der rothen gehören. Denn ihre glasartige dichte Grundmasse besteht nicht bloss aus amorpher, meist mit Fluidalstreifen versehener Substanz, sondern enthält auch grössere Ausscheidungen von Quarzkörnchen, trübem Orthoklas und hellem Sanidin-artigem Feldspath nebst einer schmutzig dunklen, Pinit-ähnlichen Substanz, ausserdem sehr viele krystallinische kleinste Einsprengungen und, was wenigstens das Gestein von Gravesano anbelangt, zugleich auch zahlreiche Ausscheidungen von Quarz und Feldspath. Auch zeigt das Gestein oft Neigung zu einem Uebergang in eine sphärolithische Ausbildung. Alles dies weist auch dieser Varietät eine Stelle unter den rothen quarzreichen Porphyren an.

In Bezug auf die chemische Gesammtzusammensetzung glaubte ich neben der durch v. Fellenberg, wie vorhin erwähnt, vorgenommenen Analyse noch eine Reihe weiterer Gesteinsproben untersuchen [24]) zu sollen, um eine grössere Sicherheit in dem Ergebniss zu gewinnen und zwar von folgenden Proben, welche bereits im Vorausgehenden näher beschrieben worden sind:

I Aus einem deutlichen Gesteinsgang bei Maroggia (nicht aus dem Tunnel, wie das der v. Fellenbergischen Analyse) von sphärolithischer Textur (vorn beschrieben).

II. Von einem Gesteinsgange bei Bissone am Uebergang der Eisenbahn über den Luganer See von klein sphärolithischer Textur.

---

23) Vergl. Michel-Lévy: Bull. d. soc. geol. III Ser. 2 t. 1873—74 S. 195.

24) Die Analysen sind im chemischen Laboratorium des geogn. Bureaus, grösstentheils vom Hrn. Ass. Ad. Schwager gemacht worden.

III. aus einer Kuppe N. von Brinzio bei Varese von feinkörniger und Mikropegmatit-artiger Textur.

IV. aus einem Steinbruche bei Figino auf der Ostseite des Westarms des Luganer See's von Mikropegmatit-Textur.

V. aus einer Kuppe W. von Gravesano und Manno von Pechstein-ähnlicher Textur.

	I	II	III	IV	V
Kieselerde	74,64	71,84	75,04	74,56	76,40
Thonerde	14,64	16,32	13,12	13,52	12,00
Eisenoxyd	1,12	3,32	2,12	2,04	1,25
Kalkerde	1,01	0,36	0,40	0,32	0,25
Bittererde	0,72	0,52	0,34	0,44	0,75
Kali	4,01	4,32	6,32	4,94	4,00
Natron	2,36	2,13	2,44	3,48	2,00
Wasser- u. Glühverlust	2,12	1,48	0,76	0,64	2,25
	100,62	100,29	100,54	99,94	98,90

Es erweist sich demnach der hohe Kieselsäuregehalt als ein constanter Charakter dieser rothen Porphyre während die sehr geringe Menge Bittererde eine schwache Betheiligung von schwarzem Glimmer verräth. Das Verhältniss von Kali zu Natron entspricht ungefähr auch dem Verhalten der Feldspathe in den Dünnschliffen, wobei jedoch das Uebergewicht der Orthoklasbestandtheile wohl hauptsächlich der Grundmasse zufällt. Ein Theil der Kalkerde dürfte gleichfalls als zur Oligoklas-Zusammensetzung gehörig zu betrachten sein. Das Eisenoxyd ist als Farbe gebendes Princip anzusehen und wechselt so ziemlich nach dem Grad der Intensität der rothen Färbung. Das

Wasser endlich scheint der Hauptsache nach an die Substanz gebunden zu sein, die fast bei keiner Form unserer rothen Luganer Porphyre fehlt und als ein Zersetzungsprodukt von Feldspath sich vor dem Löthrohr genau wie jenes weiche Mineral aus der Gruppe des Steinmarks verhält, welches, weil es sich fettig anfühlt, so häufig mit Speckstein verwechselt wird.

Viel gleichartiger in Bezug auf ihre Zusammensetzung und ihre Struktur verhalten sich scheinbar die schwarzen Porphyr-artigen Gesteine aus der Umgegend des Luganersee's. Es sind durchweg grünliche oder röthlich graue, kaum typisch porphyrisch aussehende Gesteine mit anscheinend dichter Grundmasse und wenig gegen die Grundmasse abstechenden Einsprenglingen von helleren Feldspath-, dunkelgrünen, Hornblende-ähnlichen Kryställchen, meist auch von einzelnen Glimmerblättchen, selten deutlichen Quarzkörnchen und kleinen, dem unbewaffneten Auge kaum unterscheidbaren Magneteisentheilchen. Auf dem Bruch sieht das Gestein z. B. aus dem Eisenbahntunnel ungemein frisch und unzersetzt aus. Und doch ist die erlittene Umänderung eine sehr bedeutende.

Sehen wir zunächst die weit vorherrschende Grundmasse in Dünnschliffen näher an, so finden wir dieselbe fast durchweg fein krystallinisch zusammengesetzt, und nur selten, wie in den Proben von Brinzio, mit spärlicher amorpher Metastasis versehen. Die mikro-krystallinischen Gemengtheilchen bestehen aus kleinen Nädelchen, von welchen einzelne so gross werden, dass sie in p. L. die Parallelstreifung der Plagioklase erkennen lassen, dann aus unbestimmt begrenzten, i. p. L. nur in blauen und gelblichen Tönen gefärbten Theilchen, wie Orthoklasmassen es zeigen, weiter aus kleinen grünen Fleckchen oder Blättchen (nicht Nädelchen) von einer, wie es scheint, chloritischen Substanz, ferner aus mehr oder weniger deutlichen, scharf um-

grenzten Blättchen braunen Glimmers und endlich aus schwarzen pulverigen Körnchen von Magneteisen. In dieser Grundmasse liegen nun zahlreiche, erst in den Dünnschliffen durch ihre helle Farbe und Durchsichtigkeit grell hervortretende Kryställchen von scharf ausgeprägten Umrissen, die jenen der Feldspathe entsprechen. Viele der kleineren dieser Einsprenglinge sind wasserklar und erweisen sich i. p. L. sehr deutlich als Plagioklas; andere und zwar die meisten grösseren sind durchaus verändert und zwar, was für die Gesteinsart sehr charakteristisch ist, in der Art umgewandelt, dass das Innere der Kryställchen häufig i. p. L. eine bunte Aggragatfärbung zeigt und nach aussen am Rande von einer hellen durchsichtigen Substanz breit umsäumt ist Dieser Saum ist zuweilen parallelstreifig und zeigt i. p. L. die Farbenstreifung von Plagioklas, zuweilen ist er aber auch concentrisch gestreift und dann i. p. L. so buntfarbig, wie Quarz Bei schief auffallendem Lichte bemerkt man an nicht bedeckten Dünnschliffen stark glasglänzende Streifchen, wie sie der Quarz besitzt und ich glaube mich nicht zu irren, wenn ich diese randlichen Ausscheidungen für secundärgebildeten Quarz anspreche. Nur selten haben einzelne Feldspathe die Natur von Orthoklas beibehalten. Es scheint mithin, dass in diesem schwarzen Gestein die häufig vorhandenen reicheren Orthoklaseinschlüsse zersetzt und aus dieser Zersetzung eine Neuansiedelung von Plagioklas und Quarz hervorgegangen sei, obwohl auch schon ursprünglich Plagioklas und zwar in reichlicher Menge vorhanden war.

Eine weitere porphyrartige Einsprengung besteht aus streifigen grünen Mineralmassen mit dem Charakter und Umrisse von Amphibolkrystallen. Auch zeigt sich die grüne fasrig längsgestreifige Substanz ziemlich stark dichroitisch, ohne aber ganz die Natur der Hornblende zu besitzen. Merkwürdigerweise wird diese grüne Substanz,

sobald man die Dünnschliffe mit Salzsäure behandelt, vollständig zersetzt, man erhält eine Eisenoxydul-reiche Partiallösung und einen amorphen weissen opaken Rückstand. Dergleichen grüne, ebenso leicht zersetzbare Einmengungen, aber von unregelmässigen, mehr rundlich abgegrenzten Formen finden sich ausserdem sehr häufig noch überdies in der Grundmasse und diese sind es, welche neben dem Magneteisen dem Gestein die dunkle Färbung verleihen. Diese grüne Substanz verhält sich genau wie der Chloropit (Viridit)[25] z. B. der Diabase und muss unbedenklich als ein Zersetzungsprodukt angesehen werden, theils von Hornblende, welche nach der Einwirkung der Salzsäure hier und da noch spurweise erhalten ist und ausserdem durch die Krystallumrisse und die längsfasrige Beschaffenheit der aus ihr entstandenen Chloropitsubstanz ziemlich sicher als solche erkannt werden kann, theils vielleicht durch Umbildung von Glimmer und Zwischensubstanz entstanden ist. Bei diesen Theilchen bemerkt man zuweilen eine radialfasrige Struktur. Häufig sind die hieher gehörigen Krystalle rings am Rande von einer schwarzen körnigen Masse umsäumt, die nur theilweise aus Magneteisen besteht, weil sie durch kochende Salzsäure nicht völlig gelöst wird. Es ist bemerkenswerth, dass die kleinsten grünen Theilchen, die oben als Gemengtheile der Grundmasse angegeben wurden, bei Behandeln mit Salzsäure auch nicht vollständig zersetzt werden, ebensowenig, wie viele der schwarzen Eisentheilchen, vermuthlich, weil sie trotz der Dünne der Blättchen doch noch allseitig von feldspathiger Substanz dicht umschlossen werden, welche sie vor der Einwirkung der Säure schützt. Die meist spärlichen grösseren Blättchen stark dichroitischen, braunen Glimmers werden von Säuren ebenfalls entfärbt, so dass die

---

25) Michel-Lévy scheint diese Substanz für Chlorit und Serpentin anzusehen.

Dünnschlifte und das feine Pulver nach Behandeln mit kochender Salzsäure ganz hellfarbig, schwach röthlich-weiss erscheint. Der Gehalt an Magneteisen wird an den Metallglanz auf den Schliffflächen und durch das Ausziehen mittelst der Magnetnadel erkannt. Ebenso wurde auf das bestimmteste das, wenn auch spärliche Vorhandensein von Quarzkörnchen constatirt. Auch feinste Nädelchen von Apatit kommen vor und in dem Gestein von Brinzio auch Streifen von Epidot. Dass wir es hier mit keinem eigentlichen Porphyre zu thun haben, fällt uns schon an der Aeusserlichkeit des Gesteins in die Augen. Die mikroskopische Untersuchung lehrt aber noch bestimmter, dasselbe vom typschen Porphyre unterscheiden und weist es der Gruppe der Porphyrite zu, unter welchen es wegen seines namhaften Orthoklasgehaltes zunächst dem von mir aus dem Fichtelgebirge beschriebenen Palaeophyr [26]) sich anreiht und als solcher bezeichnet werden kann.

Von diesem Porphyrite wurden bereits mehrere Analysen ausgeführt, unter welchen namentlich die durch H. v. Fellenberg vorgenommene und von Studer mitgetheilte uns den Charakter des Gesteins kennen lehrt. Immerhin erschien es mir wünschenswerth, um Vergleiche anstellen zu können, noch mehreren Proben von verschiedenen Fundstellen einer chemischen Analyse zu unterziehen.

Es wurden hierzu die im Vorausgehenden bereits näher beschriebenen Gesteine von folgenden Fundstellen gewählt:

I. aus dem mächtigen Stock bei Maroggia.

II. aus dem benachbarten Vorkommen bei Bissone.

III. aus der Nähe von Brinzio, Aufsteig gegen Maria del Monte.

26) Geognost. Beschreibung von Bayern III. Bd. Das Fichtelgebirge S. 188 Tafel 14.

IV. aus der Gegend von Rovio.
V. nahe bei Melite an der Eisenbahn.

Bestandtheile	I	II	III	IV	V
Kieselsäure	61,52	64,08	50,28	59,52	61,84
Thonerde	19,96	19,52	19,24	13,02	14,60
Eisenoxyd	1,78	4,24	7,92	11,08	6,68
Eisenoxydul	3,16		1,98		
Kalkerde	3,36	3,40	4,21	1,90	4,48
Bittererde	2,72	1,84	6,09	4,60	2,75
Kali	3,24	3,16	3,24	3,86	2,92
Natron	3,28	2,52	2,81	3,02	5,52
Kohlensäure	0,56	—	0,40	1,16	0,36
Wasser- und Glühverlust	1,86	1,76	3,56	2,16	1,76
	100,60	100,52	99,73	100,32	100,91

Die bemerkenswerthesten Verschiedenheiten treten im Kieselsäuregehalt hervor. Dies rührt z. Th. von der mehr oder weniger grossen Seltenheit an Quarzkörnchen her, die fast nur zufällig zu sein scheint. Weiter ist auch Eisenoxyd in verschiedenen Verhältnissen vorhanden. Abgesehen von der Verschiedenheit des Gehaltes an Magneteisen hängt der Mehrgehalt auch von einem grösseren Grade der Zersetzung ab und steht daher im Zusammenhang mit dem höheren Gehalt an Wasser, wie dies die Analyse III erkennen lässt.

Am bemerkenswerthesten ist das Verhalten der grünen Zwischensubstanz, welche wenigstens theilweise als Zersetzungsprodukt von Hornblende zu deuten ist. Dieselbe

ist in Chlorwasserstoffsäure zerlegbar. Obwohl auch noch andere Gemengtheile z. B. Magneteisen von dieser Säure aufgelöst, andere mehr oder weniger angegriffen werden, so gibt doch die theilweise durch Chlorwasserstoff bewirkte Zersetzung einen annähernd richtigen Aufschluss über die Natur dieser Beimengung. Es wurde das Gestein von Maroggia (I) und jenes von Brinzio (III) mit Chlorwasserstoffsäure unter Abschluss der Luft behandelt und erhalten:

	Maroggia 21,6%	Brinzio 29,1%
Kieselsäure . . .	34,54	30,90
Thonerde . . .	18,72	16,08
Eisenoxyd . . .	8,09	19,90
Eisenoxydul . .	14,36	6,80
Kalkerde . . .	2,01	2,13
Bittererde . . .	9,91	15,25
Kali	1,72	1,03
Natron	1,77	0,62
Wasser	7,82	7,15
	98,94	99,86

Diese grüne, durch Chlorwasserstoff leicht zersetzbare an Eisenoxydul und Bittererde reiche chloritartige Substanz erinnert zunächst an die unter verschiedenen Bezeichnungen (Chloropit, Viridit etc. etc.) beschriebene Beimengung in den Diabasgesteinen. Letztere besteht in dem Diabas von Weidesgrün im Fichtelgebirge aus:

Kieselsäure . .	30,56
Thonerde . . .	16,57
Eisenoxyd . . .	13,02
Eisenoxydul . .	15,51
Kalkerde . . .	4,14
Bittererde . . .	8,97
Kali	0,36
Natron	1,18
Wasser	9,08
	99,39

Daraus erhellt eine so nahe Uebereinstimmung, wie es nur bei solchen aus Zersetzungen hervorgegangenen und stets noch in der Umbildung begriffenen Mineralien erwartet werden darf. Dadurch schliesst sich der schwarze Porphyrit auf das Innigste an die älteren Gesteine an. Es dürfte daher wohl nicht gefehlt sein, wenn wir den grünen, hauptsächlich die dunkle Farbe veranlassende Mineralbeimengung als Chloropit bezeichnen.

Zweiter Abschnitt.

Das Verhalten der Schichtgesteine in gebogenen Lagen.

Die ungemein grossartigen und meist auch sehr starken Biegungen, welche die schwarzen Kalke von Varenna längs der Strasse S. von Bellano aufweisen, bieten eine äusserst günstige Gelegenheit zu näherem Studium der Erscheinungen, welche sich an stark gebogenen starren Gesteinslagen vorfinden, eines Theils weil solche gekrümmte Gesteinslagen hier sehr leicht der Beobachtung zugänglich sind, auch die Krümmungen sich leicht messen lassen und anderen Theils weil die tiefdunkle Färbung des Gesteins zur Wahrnehmung feiner Risse und deren Ausfüllung mit weissem Kalkspath sehr geeignet ist. Es mögen daher hier vorläufig einige Ergebnisse über das Verhalten starrer Gesteine in gebogenen Lagen eine Stelle finden.

Es ist eine fast durchgreifende Erscheinung in unseren Alpen, wie fast in jedem älteren Gebirge, dass die verschiedenartigsten Gesteinslagen stellenweise oft in erstaunenerregender Weise gebogen, zusammengefaltet und gewunden vorkommen; selbst mächtige, sehr feste Kalksteinbänken Quarzitlagen und Sandsteinschichten zeigen Gewölbe- oder Kuppel-ähnliche Biegungen, die sich erst gebildet haben

können, nachdem die Gesteinsmasse vollständig fest und starr geworden war.

In vielen Fällen erkennt man an solchen gebogenen Schichten unzweideutige Spalten und Risse — z. Th. offen oder mit thoniger Erde erfüllt, z. Th. aber durch infiltrirte Mineralsubstanz wieder vollständig verdichtet — längs welcher nach Art der Fugen an Gewölbmauerwerken die Gesteinsmassen bei dem auf sie einwirkenden Seitendruck zerbrachen und sich sodann verschoben haben, um die der Krümmung der Wölbung entsprechende Lage einzunehmen. In vielen Fällen aber glaubt man bei oberflächlicher Besichtigung weder Risse noch Spalten an solchen gebogenen Gesteinslagen selbst in denjenigen Gewölbstücken wahrnehmen zu können, in welchem die Wölbung oder Krümmung am stärksten ist. Es scheint das starre Gestein gebogen ohne Bruch.

Während die Wölbungen starrer Gesteinsmassen, bei welchen fugenartige, wenn auch minder vernarbte Risse und Spalten sich bemerkbar machen, leicht ihre Erklärung finden, scheint eine solche bei Biegungen ohne sichtbaren Bruch auf Schwierigkeiten zu stossen, indem man bis jetzt nicht gewohnt war anzunehmen, dass der Mehrzahl der starren Körper die physikalische Eigenschaft zukomme, über ihre Elasticitätsgrenze hinaus gebogen sich wie duktile oder plastische Körper zu verhalten.

Bis vor Kurzem betrachtete man diese Gesteinsbiegungen einfach als Folge unendlich feiner Zerklüftung, welche für das unbewaffnete Auge nicht sichtbar, aber zureichend erscheint, um eine der Krümmung der starren Masse entsprechende Bewegung oder Verrückung in den kleinsten Theilchen bewirken zu können. Wer sich mit mikroskopischer Untersuchung von alpinen Schichtgesteinen befasst, findet in den unendlich feinen, durch Kalkspath wieder ausgefüllten Aederchen, welche unter dem Mikroskop hervor-

treten, eine sehr beruhigende Bestätigung dieser Annahme. Das Gestein scheint nur für das unbewaffnete Auge ohne Bruch gebogen, ist in Wirklichkeit aber von zahlreichen Klüftchen in kleinste Theilchen zersprengt. Mit dieser Thatsache glaubte man sich beruhigen zu dürfen bis in neuerer Zeit eine neue Theorie der Biegung starrer Gesteine ohne Bruch in Folge der sog. latenten Platisticät bei grossem Druck von Prof. Heim[27]) aufgestellt wurde, welche sich rasch der Zustimmung in weitesten Kreisen zu erfreuen hatte. Ich vermag mich jedoch derselben nicht anzuschliessen, um so weniger als, wenn man auch ganz absieht von den Bedenken, welche vom rein theoretisch wissenschaftlichen Standpunkte dagegen bei ganz gleichartigen Massen erhoben werden können, bei der Heterogenität der meisten Schichtgesteine, um deren Biegung es sich ja in erster Linie handelt, eine Duktilität oder Plasticität völlig unannehmbar erscheint, auch faktisch durch Experimente nicht erwiesen ist, nach den Erfahrungen und Beobachtungen in der Natur aber auch als unnöthig und überflüssig sich darstellt.

Es ist hier nicht der Ort von theoretischem Standpunkte diese Annahme ausführlich zu erörtern, wie dies neuerlich Dr. Stapf[28]) in seiner vortrefflichen Abhandlung z. Th. versucht hat; es soll nur daran erinnert werden, dass bis jetzt durch kein physikalisches Experiment nachgewiesen ist, es könne jeder feste, wenn auch aus homogenen Molekülen bestehende Körper durch grossen, über die Elasticitätsgrenze gesteigerten Druck in beweglichen Zustand versetzt und bei Nachlassen des Druckes wieder steif und starr werden mit Ausnahme der wenigen sog. duktilen[29]) und der

27) Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung 1878.

28) N. Jahrb. v. Leonh. u. Geinitz 1879 S. 798—814.

29) Wenn Rothpletz (Z. d. d. g. Ges. XXXI 1879 S. 367) ohne weiteres anführt: „Wir wissen, dass allen Gesteinen ein gewisser

durch Wärme geschmolzenen Stoffe. Dies erscheint aber um so weniger annehmbar in solchen Gesteinen, um deren sog. Duktilität oder Plasticität es sich bei den Gebirgsbiegungen handelt, welche nicht etwa aus gleichartigen Molekülen zusammengesetzt sind, bei deren Verschiebung die Cohäsionskraft wirksam ist, sondern aus heterogenen Fragmenten, aus ursprünglich getrennten Körperchen, Kryställchen oder selbst organischen Substanzen bestehen, welche erst durch Adhäsion oder durch ein Bindemittel von Kalkspath, Quarz, Thon, Eisenoxyd etc. verkittet oder verfestigt worden sind, wie z. B. der (nicht krystallinische) Kalkstein, der Mergel, der Sandstein, der Quarzit, der Gneiss, der Glimmerschiefer, der Thonschiefer. Hier könnte es sich um keine andere Art der Plasticität handeln, als um jene, wie sie im Thon durch Beimischung von Wasser entsteht. Wie ist es aber bei dem Gneiss und Glimmerschiefer, die ja oft in der bizarrsten Weise zickzackförmig gefalten sind, denkbar, dass die heterogenen Gemengtheile Quarz, Feldspath und Glimmer durch Druck gleichmässig latent plastisch würden, und wenn nicht, würde dann nicht der zuerst bei hohem Druck plastisch gewordene Gemengtheil ausgequetscht und ausgeschieden werden müssen, wie gewisse Oele aus dem Fett?

Ist es denkbar, dass ein Material, wie es gewöhnlich die Sedimentkalke zusammensetzt, im plastischen Zustande

Grad von Duktilität eigen ist", so möchte es ihm schwer halten, den Beweis für diese Behauptung beizubringen. Ich wenigstens und mit mir vielleicht mancher Andere möchten uns von diesen „Wissenden" ausgeschlossen wissen, es müsste nur R. darunter jene Umformung — er nennt sie eine plastische — verstehen, von der er selbst an anderen Orten (Verstein. der Töde S. 21) sagt, dass durch winzige Sprünge und Verschiebungen, von denen das unbewaffnete Auge nichts wahrnehmen kann, Schichten ohne Verlust ihrer Continuität gewunden sind.

versetzt, einfach sich nur biegen würde, ohne die Form der Schichtung zu verlieren, ohne so zu sagen eruptiv zu werden, wie es bei Thonmassen wirklich vorkommt? Man hat als Beweis der Wirksamkeit der latenten Plasticität sich auf alte Bergwerke berufen, welche mit der Zeit wieder zusammengehen. In der That kommt es bei dem Kohlenbergbau, auch im Salzgebirge und bei unterirdischen Gräbereien auf Kalk, Gyps u. s. w. häufig vor, dass die Oeffnungen von Stollen, Strecken und Oerter sich wieder zusammenthun. Es geschieht dies meist durch das sog. Blähen von Thonlagen. Das ist sehr bemerkenswerth. Beim ersten Betrieb solcher Strecken im thonigen Gestein, wenn man die Thonlagen trocken antrifft, halten sie so fest, wie jede andere Gesteinmasse. Erst mit dem Moment, wo sie feucht und von Wasser durchtränkt werden, beginnt ihre Bewegung, indem der Druck der zunächst aufliegenden Gesteinsmassen, die ja an stets vorhandenen Klüften und Sprüngen sich nach und nach losziehen und sich zu senken beginnen, auf sie wirkt. In Folge dieser Druckkraft werden sie aus ihrer ursprünglichen Lage gepresst, sie blähen sich, werden gleichsam eruptiv und nur die Durchfeuchtung ist hier die Ursache, wesshalb alte Baue, selbst ohne dass Niederbrüche erfolgen, sich wieder schliessen können.

Solche Verhältnisse sind bei thonigem Gesteine auch in ganzen Gebirgslagen, wenn es durchfeuchtet ist, gewiss denkbar und ich zweifle nicht, dass es Fälle gibt, bei welchen solche durchfeuchtete thonige Schichten ohne Bruch sich gebogen haben, aber es sind dies keine festen starren Massen, wie die meisten Kalksteine, die gewiss nicht hieher gerechnet werden können.

Auch ist es denkbar, dass ein z. B. glimmerreiches Gestein unter der Grenze der Elasticität gebogen, in diesem Zustande längere Zeit verharrend durch nachträglich infiltrirte und festgewordene Substanzen in eine bleibend ge-

bogene Lage versetzt werden könne. Das sind aber sicher seltene Fälle, um die es sich hier nicht handelt.

Doch beschreiten wir anstatt aller theoretischen Betrachtungen zunächst praktisch den exakten Weg der Untersuchung und Beobachtung, so möchte ich in dieser Richtung jetzt nur vorläufig einige Resultate und Wahrnehmungen mittheilen, welche, so weit meine Erfahrungen bis jetzt reichen, lehren, dass ich Biegungen ohne Bruch wirklich noch nicht bei starrem Gestein wahrzunehmen vermochte, dass es desshalb mir z. Z. nicht nöthig scheint, neue physikalische Gesetze à priori zu construiren, welche dazu dienen sollen, diese Biegung ohne Bruch zu erklären namentlich bei heterogen zusammengesetztem, starrem, nicht thonigem Gestein.

Wenn irgend ein Material zu Beobachtungen in dieser Richtung günstig sich erweist, so ist es, wie schon bemerkt, das tief schwarze Gestein bei Varenna mit seinen tausendfachen engsten Faltungen und weissen Kalkspathadern. Man beobachtet hier sehr häufig, dass an scharfen Wölbungen der Kalkschichten die Masse von sehr zahlreichen breiten Rissen durchzogen sind, welche von weissen Kalkspath wieder ausgefüllt wurden und desshalb für das Auge auf dem schwarzen Grunde sehr deutlich bemerkbar sich machen. Vielfach laufen diese Risse nach der Längenrichtung der Falten und gehen mehr oder weniger radial nach dem Krümmungscentrum zu. Derartige Fälle beweisen wenigstens das Vorhandensein selbst grosser Berstungen in Folge der Schichtenfaltung. Indess giebt es auch Stellen genug, wo solche dem unbewaffneten Auge sichtbare Zerklüftungen in grösserer Anzahl nicht sofort zu bemerken sind und die Wölbung des Steins ohne Bruch erfolgt zu sein scheint. Ich habe grade von solchen Stellen zahlreiches Material bei Varenna gesammelt und dieses in Dünnschliffen unter dem Mikroscop näher untersucht. Ich muss nun sagen, dass hierbei eine gradezu er-

staunliche Fülle von Klüftchen, Rissen und unendlich feinen Aederchen — alle wieder durch weissen Kalkspath vernarbt, aber trotzdem aufs deutlichste sichtbar — sich ergab, welche mir vollständig genügend erscheint, um eine Verschiebung der Kalkmasse möglich zu machen, wie es die Wölbung der Kalkbank erfordert. So fand ich gebogene Kalklagen, welche auf den Kubikcentimeter berechnet durch Risse, in einem Fall in 640000 kleinste Stückchen, in andern Fällen in 160000 und 90000 zerspalten sind, bei Biegungen, deren Krümmungs-Radius je 0,15; 0,30 und 1 m betrug. Diese kleinsten, meist ungleich grosse Stückchen waren vor ihrer Wiederbefestigung durch in die Risse infiltrirte Kalkspathsubstanz gewiss sehr leicht verschiebbar. Dass sie sich wirklich vielfach verschoben haben, lässt sich nicht selten u. d. M. daran erkennen, dass in Nachbarstückchen kleine Streifchen von beigemengten kohligen Substanzen nicht mehr genau in entsprechender Lage sich befinden. Wie gering jedoch eine solche Bewegung oder Verschiebung der kleinsten Stückchen selbst bei einer sehr starken Krümmung einer Kalkbank erforderlich war, lässt sich nach der Grösse des Krümmungsradius leicht bemessen. Annäherungsweise ist z. B. die zur Bogenwölbung erforderliche Verrückung eines beiläufig viereckigen Stückchens von 0,001 m in Länge, Breite und Dicke wie solche ungemein häufig beobachtet wurden, bei einem Krümmungsradius von nur 0,25 m. ungefähr ein Millionstel Meter. Dass solche minimale Verrückungen kleinster Bruchstückchen für das unbewaffnete Auge nicht mehr sichtbar sind, ist selbstverständlich und daher rührt es in den meisten Fällen, dass bei festen Gesteinsbänken die Krümmung scheinbar ohne Bruch erfolgt ist und das Material gleichwohl so fest erscheint, wie nicht zertrümmertes, weil die feinsten Risse durch Kalkspath, Eisenoxyd, Quarz und andere Mineralsubstanzen wieder ausgefüllt worden sind, sohin das zerbrochene Gestein gleichsam wieder ausgeheilt ist.

Ist der Krümmungsradius sehr gross, so bedarf es keiner Zerklüftung in kleinste Theilchen, um eine für das unbewaffnete Auge unbemerkbare Verschiebung zu einer Krümmung im Gestein zu erzeugen; es genügt z. B. beiläufig bei einem Krümmungsradius von 50 m. eine Zerklüftung, bei welcher die Kluftflächen oder Risse selbst 0,1 auseinander liegen können. Wir sehen daraus, dass es in vielen Fällen nur einer geringen Zerklüftung des Gesteins bedarf, wie solche in stark geneigten Gebirgsschichten wohl nirgend fehlen wird.

Bei dem schwarzen Kalk von Varenna ist es desshalb wohl nicht nothwendig, selbst bei der stärksten Zusammenfaltung seiner Schichten anzunehmen, dass hier die Biegung ohne Bruch in Folge einer latenten Plasticität des Kalksteinmaterials erfolgt sei. Ich füge ausdrücklich hinzu, dass bei allen den zahlreichen untersuchten Proben mir keine in die Hände gekommen ist, welche nicht eine solche Zertrümmerung in kleinste Gesteinsstückchen unzweideutig gezeigt hätte.

Dieser Nachweis beschränkt sich aber nicht bloss auf auf die schwarzen Kalke von Varenna, ich glaube sagen zu können, dass die Zertrümmerung stark gebogenen festen Gesteins eine ganz allgemeine und durchwegs vollständig reichlich genug sei, um die Biegung der Schichten durch Verrückung dieser kleinen Bruchstücke und nachträgliche Wiederverkittung der verschobenen Fragmente in befriedigendster Weise zu erklären.

Einige weitere Beispiele können dafür als Beleg angeführt werden. So zeigt der Hauptdolomit zwischen Introbbio und Lecco gleichfalls eine ungemein starke Biegung der Schichten. Ein aus dem am stärksten gebogenen Theil einer Bank genommenes Stück lässt im Dünnschliff eine Zertrümmerung in 120 Stückchen auf 1 Quadratcentimeter bei einem Krümmungsradius von 0,25 m. erkennen.

Zu den am meisten gewundenen und gebrochenen Bild-

ungen in den Alpen gehört der Flysch.[30]) Ich habe eine grosse Anzahl von mergeligem und kieseligem Flyschgestein mit selbst an Handstücken noch erkennbarer Biegung in Dünnschliffen untersucht und auch an diesen ausnahmslos eine erstaunliche Zertrümmerung wahrgenommen. An einem Flyschmergel aus der Bolgenach fanden sich 1000 Stückchen auf den Quadratcentimeter des Dünnschliffs, aus dem Murnauer Köchel 800 u. s. f., an allen untersuchten Proben in verschiedenen Graden bis herab zu 9—10 Trümmerstückchen, deren geringe Zahl immer noch vollständig genügt, um bei selbst kleinem Krümmungsradius eine für das unbewaffnete Auge nicht mehr unterscheidbare Verrückung gegen die frühere Lage der Krümmung entsprechend einzugehen.

Unter den alpinen Schichtgesteinen besitzen gewisse Gebilde der Lias- und Juraformation eine grosse petrographische Aehnlichkeit mit dem Flysch. Ich meine in erster Linie die kieselreichen, Hornstein-führenden und auch Algen einschliessenden Algäuschiefer[31]), deren viel ver-

---

30) Ich will die bei dieser Untersuchung gemachte Entdeckung hier wenigstens im Vorübergehen berühren, dass alle die mergeligen Varietäten und auch viele der sandigen Abänderungen (sog. Kalkhornsteine) sich als ein Haufwerk von Spongiennadeln erweisen. Viele dieser Gesteine bestehen vorzugsweise aus Schwammnadeln, die durch ein mergeliges Bindemittel verkittet sind. Diese ganz unerwartete, neue Thatsache ist sehr geeignet, ein helleres Licht auf die Bildung des Flyschgesteins um so mehr zu werfen, als diese Anhäufung von Schwammnadeln dem alpinen oligocänen Flysche eben so eigen ist, wie dem gleichalterigen Wiener- oder Karpathensandsteine und dem italienischen Macigno des Apennins. Merkwürdig ist dabei, dass es meist einfache Stabnadeln sind, nur selten ankerförmige und Hexaktinilidennadeln.

31) Dieser Aehnlichkeit mit dem Flysch entspricht nun auch nach meinen neuesten Untersuchungen die Thatsache, dass sehr viele kieselreiche Liasschiefer gleichfalls fast nur aus Schwammnadeln zusammengesetzt sind. Es war mir das Vorkommen von Schwammnadeln schon früher

schlungene Lagen in dem Algäugebirge so prächtig entblösst sind. Auch von dieser stand mir ein reiches Material gekrümmter Schichten für die Untersuchung zur Verfügung. Sie zeigen durchweg eine nicht weniger reiche Zertrümmerung in kleinste, mikroskopische Stückchen, wie die Flyschgesteine oder der Varennakalk. Gleich verhalten sich auch die Hornstein-reichen schwarzen Liasschiefer bei Lecco und in dem Hintergrunde des Chiamuerathals bei Ponté.

Wahrhaft erstaunlich ist vollends die Zertrümmerung der rothen Hornsteinmassen der Juraaptychenschichten, welche oft wie in ein Pulver verwandelt erscheinen, zwischen deren Staubähnliche Theilchen sich wieder Quarzsubstanz, den Bruch heilend, abgelagert hat. Auch die jüngeren Tertiärablagerungen, die mittel- oder oberoligocänen, sind am Fuss unserer Alpen in die grossartigsten und oft engsten Falten zusammengebogen. Die Pechkohlenflötze der letzteren, auf denen ein grossartiger Bergbau bei Miesbach, Pensberg und Peissenberg umgeht, geben nicht nur eine günstige Gelegenheit derartige Biegungen, die durch den Bergbau aufgeschlossen werden, kennen zu lernen, sondern auch mit mathematischer Sicherheit durch markscheiderische Vermessungen deren Krümmungen zu bestimmen. Ich verdanke den Verwaltungen dieser Kohlenwerke sowohl zahlreiche Aufschlüsse, als auch das Untersuchungsmaterial namentlich von solchen Stellen, wo der Bergbau die Krümmungen angefahren und oft auch den Krümmungsmulden nach als tiefste Punkte in langen Strecken verfolgt hat. Es herrscht darüber nur e i n e Erfahrung, dass nämlich an solchen Stellen das Gestein, wenn auch nicht für das Auge sichtbar, so doch beim Betrieb der Baue wahrnehmbar gebrech und unganz, die Kohle aber oft in mulmigen Staub

an abgewitterten Stücken z. B. von Goisern bekannt, ich glaubte ihm nur früher keine allgemeinere Bedeutung beilegen zu dürfen, wie sich dieselbe nunmehr herausstellt.

zerrieben, meist durch infiltrirten weissen Kalkspath weissscheckig oder versteinert (Bergmannsdruck) ist. Wo Stinkkalk in Zwischenlagen die Kohlenflötze begleitet, zeigt sich derselbe oft, wie auch der begleitende Cementmergel, gebogen, ohne deutlich sichtbaren Bruch, ohne Spalte oder Kluft. Sobald man aber auch an diesem Material Dünnschliffe mikroskopisch untersucht, findet man die feinsten Zerstückelungen, an denen sich die Verrückungen der einzelnen Theilchen zu gewölbartigen Bogen, oder wannenförmigen Mulden vollzogen haben. In der Grube Pensberg kommen solche Schichtenbiegungen auf Flötzen vor, bei welchen der Krümmungsradius nur 3 ¼ m. beträgt, im Miesbacher Revier öfter solche von 15—20 m. Krümmungsradien; hier lassen sich die Beobachtungen mit aller Schärfe anstellen.

Auch im ausseralpinen Gebiete sind derartige Schichtenbiegungen ohne deutlichen Bruch bekannt genug. Ich habe bereits bei der geognostischen Beschreibung des Fichtelgebirgs Veranlassung genommen, mich über die Art derartiger, selbst kuppelförmiger Wölbungen auszusprechen und ihre Erklärung zu geben versucht, die ich auch jetzt noch als ganz zutreffend aufrecht halten kann. (Geogn. Besch. Bayern. Bd. III S. 632 u. ff.) Ich habe (S. 634) als die Ursache dieser scheinbaren gleichförmigen Biegung eine unendliche Zerspaltung des Gesteinsmaterials angegeben und bin nun nach wiederholtem Besuch solcher Fundstellen in der Lage, selbst nähere Zahlenangaben zu machen. An den Häusern bei Geigen ungefähr 3 km. weit von Hof im Fichtelgebirge ist durch einen grossen Steinbruch eine kuppelförmige Wölbung des oberdevonischen Clymenienkalkes vollständig aufgeschlossen. Die Wölbung geht nach einer Seite hin rasch in eine sattelförmige über. Durch die Steinbrucharbeiten sind gleichsam die einzelnen Schalen, hier die Gesteinschichten, staffelförmig abgebrochen, wodurch ein tiefer Einblick in den Aufbau gewonnen werden kann. Da wo die Kuppel eben frisch erst

aufgedeckt worden ist, erscheint in Folge der die Kalkschichten rindenartig überdeckenden thonigen Kruste das Gewölbe vollständig ganz und ohne sichtbaren Bruch gebogen, an Stellen dagegen, wo in Folge längerer Bloslegung die Atmosphärilien schon das Werk ihrer Abnagung begonnen haben, treten wenigstens grössere Risse und Sprünge deutlich erkennbar hervor. Die aus der Mitte der Kuppel gesammelte Stücke wurden nun, nachdem Dünnschliffe nach verschiedenen Richtungen daraus hergestellt worden waren, einer mikroskopischen Untersuchung unterzogen. Hierbei zeigte sich dieselbe Zerstückelung in kleinste, durch infiltrirten Kalkspath wieder felsenfest verkittete Stückchen, wie in den Alpengesteinsproben. Bei einem Krümmungsradius [32]) von 0,45 m ergaben sich auf ein Quadratcm. die Durchschnitte von 16 Theilchen. Auch hierbei ist die Grösse der Verrückung der einzelnen Theilchen von der ursprünglichen Lage nach der Schichtebene in die nachträgliche der Schichtenwölbung eine so kleine, dass sie für das unbewaffnete Auge völlig unerkennbar ist.

Nicht weniger lehrreich ist ein Steinbruch in gleichen Clymenienkalklagen O. von Hof im sog. Krähenhölzchen. Hier erkennt man an den staffelförmigen Abbruchsstellen der Schichten des gleichfalls kuppelförmigen Gewölbs schon

32) Da es sich hier, nicht um mathematisch absolut richtige Zahlen, sondern nur um Annäherungswerthe handelt, suchte ich die Krümmung als eine beiläufig kugelförmige angenommen, dadurch zu bestimmen, dass ich starken, aber doch noch leicht biegsamen Bleidraht auf die Wölbung legte und andrückte. Das Blei nahm genau die Krümmung an, welche sich nun mit Hilfe dieses gekrümmten Bleidrahts auf ein grosses Blatt Papier übertragen liess. Bestimmungen nach mehreren Richtungen lieferten in ihrem Mittelwerth Anhaltspunkte für die Ermittelung des beiläufigen Krümmungsradius durch Halbiren mehrerer gezogener Sehnen und Verlängerung der Normalen auf den halbirten Sehnen bis zu ihrem Schnittpunkte.

ohne Weiteres sehr deutlich eine grossartig radienförmige Zerspaltung des Gesteins. Doch fehlt auch hier die bis in's Kleinste gehende Zerstückelung des sehr dichten Kalks nicht. An den aus den mittleren Theilen des Gewölbs genommenen Lagen kann man auf den Quadratcm. des Dünnschliffs 25—30 Stückchen zählen; der Krümmungsradius beträgt hier ungefähr 3 m. Ein drittes sehr schönes Beispiel bietet der Gewölb-artig gebogene Bergkalk in dem grossen Steinbruche von Regnitzlosau im Fichtelgebirge. Der schwarze Kalk ist hier, wie bei dem Varennagestein, von feinsten weissen Kalkspathäderchen durchzogen, die sich auf's deutlichste in Dünnschliffen wahrnehmen lassen. Eine Wölbung mit 0,60 m Krümmungsradius enthält in den aus der stärksten Biegung genommenen Theilen Gestein, welches eine Zerstückelung von 25 Theilchen auf den Qcm. der Dünnschliffläche erkennen lässt.

Noch reichlicher zerstückelt zeigt sich der Kieselschiefer dieses Gebirgs, welcher oft in sehr enge Falten zusammengebogen ist. Dieses spröde Material ist aber trotz seiner starken Zertrümmerung durch weisse Quarzmasse, welche auf die früheren Risse sich abgesetzt hat, wieder so fest verbunden, wie es vordem war. Ein Lyditstückchen aus einer stark gekrümmten Lage von nur 0,16 K.-R. aus dem Kieselschieferbruche bei Leimitz, O. v. Hof lässt u. d. M. eine Zerstückelung von 260 Stückchen auf einen Qcm der Dünnschliffläche zählen.

Es würde ermüden, noch zahlreichere Beispiele auch aus anderen Gebieten z B. den carbonischen und postcarbonischen Schichten der Rheinpfalz, aus der mir Untersuchungsmaterial zur Verfügung steht, anzuführen. Ich kann nur aus meinen bisherigen Beobachtungen wiederholen, dass mir noch kein Gestein aus stark gebogenen Lagen unter die Hand gekommen ist, welches nicht so reichlich zerstückelt sich erweist, dass dasselbe ohne für das unbewaffnete Auge sichtbare Verrückung eine der Wölbung entsprechende Lage

hätte annehmen können. Existirt aber eine solche Zertrümmerung des festen und starren Materials der meisten unserer heterogen zusammengesetzten Schichtgesteine, welche es möglich macht, ohne sichtbaren Bruch eine Verschiebung zu geröllartigen Biegungen einzugehen, so sehe ich die Nöthigung nicht ein, diesen starren Massen eine besondere Eigenschaft der latenten Plasticität zu oktroiren.

Diese unendliche Zerstückelung der Schichtgesteine ist nicht etwa eine neue Entdeckung, sie will auch hier durchaus nicht als solche besprochen worden sein, sie ist altbekannt und allseitig auch anerkannt. So weit sie mit unbewaffnetem Auge sichtbar ist, gibt das prachtvolle Werk Heim's selbst zahlreiche Belege hiefür. Auch Rothplez spricht bereits von winzigen, für das unbewaffnete Auge nicht wahrnehmbaren Sprüngen und Verschiebungen, durch welche die Schichten ohne Verlust ihrer Continuität gewunden sind und der scharfe Beobachter des Gotthardtunnels Stapf führt (a. a. O.) ins Auge springende Zerklüftungen der Gesteine des Gotthardtunnels bis zu staubartigem Pulver an.

Man hat, diese Zertrümmerung zugegeben, aber trotzdem in Frage ziehen zu müssen geglaubt, ob diese Zerstückelung in genetischem Zusammenhange mit der Erscheinung der Schichtenbiegung stehe, da ja jeder starke Druck, auch wenn er eine gewölbartige Aufbiegung der Schichten nicht bewirkt, eine mehr oder weniger starke Zerstückelung verursacht. Auch in dieser Richtung habe ich einige vergleichende Untersuchungen angestellt und gefunden, dass dieselben Gesteinsmassen an Stellen, wo sie gebogen sind, ungleich reichlicher zerklüftet sind, als an selbst benachbarten Stellen einer nicht gekrümmten Lage bis zum fast völligen Verschwinden dieser Klüfte. Nach allen meinen Erfahrungen steht der Grad der Zerstückelung direkt im Verhältniss zu der Schichtenbiegung und der Sprödigkeit des Gesteinsma-

terials, welches gebogen wurde. Es muss daran erinnert werden, dass es sich hier immer und ausschliesslich um die Biegung an Gesteinsmaterial handelt, welches vor der Biegung bereits verfestigt war. Ich sehe viele zickzackförmige Schichtenknickungen, wie solche hauptsächlich bei den älteren krystallinischen Schieferbildungen, besonders dem Glimmerschiefer und Phyllit vorkommen, nicht als Erscheinungen an, die sich erst nach der völligen Verfestigung des Gesteins vollzogen haben, so wenig wie die Biegung austrocknender Thonkrusten oder die schalige Umhüllung von Kalksteinmaterial um ausgeschiedene Hornsteinknollen. Aehnliche Biegungen und Windungen fanden auch in durchfeuchteten Thon- oder Mergelmassen z. B. in Lagen statt, in welchen sich Anhydrit in Gyps verwandelte oder Gyps, Steinsalz und ähnliche Salze aus einer breiartigen Masse auskrystallisirten. In noch nicht erhärteten oder bei thonig mergeligem Material bei erneuter Durchfeuchtung nach der Verfestigung kann zweifellos eine Verschiebung und ein Ausquetschen der Masse stattfinden. Dahin gehört eine grosse Anzahl der sog. deformirten Versteinerungen, welche man wohl auch z. Th. als Beweis der Umformung bereits festgewordenen Gesteins ohne Bruch angeführt hat.

Die ausgedehnten Sammlungen des hiesigen paläontologischen Museums, wie die der geognostischen Landesaufnahme, lieferten mir auch zur Erörterung dieser Frage, gutes Material in Hülle und Fülle. Ich theile einige Erfahrungen hierüber mit.

Zunächst verdient hervorgehoben zu werden, dass verdrückte oder deformirte Versteinerungen vorherrschend in thonigen oder mergeligen und seltener in mergelig-kalkigen oder thonig-sandigen Gesteinslagen vorzukommen pflegen, welche in feuchtem, noch nicht verfestigtem Zustande bis zu einem gewissen Grade plastisch sind, also eine Verschiebung ihrer Masse gestatten.

Ferner ist hervorzuheben, dass Verunstaltungen der Versteinerungen fast ausschliesslich an Steinkernen wahrgenommen werden, und dass, wenn deformirte beschalte Exemplare gefunden werden, sofort die Brüche und Zertrümmerungen an der Schale leicht nachzuweisen sind, an denen ein Zusammenbrechen oder eine Verschiebung einzelner Theile stattgefunden hat. Am merkwürdigsten und lehrreichsten ist die Thatsache, dass deformirte Steinkerne und nicht deformirte beschalte Exemplare in derselben Schicht durch einander gemengt vorkommen z. B. ganz verschobene Steinkerne von *Ammoniten*, *Gastropoden* und *Dimyarien* unter wohl erhaltenen Echinodermen, Belemniten und Muscheln mit dicker Stabröhrchenschicht, *Ostrea*, *Perna*, *Pecten* etc. etc.

Verunstaltete Versteinerungen kommen ganz unabhängig von Schichtenbiegungen und Zusammenfaltungen in Gebirgen vor, in denen die Schichtgesteine weithin in horizontaler Lagerung sich befinden (schwäbisch-fränkisches Juragebirge, Kreideschichten von Haldem) und in zusammengefalteten Gesteinsschichten beschränken sie sich nicht etwa auf die gebogenen oder gekrümmten Theile der Schichten, sondern sind ganz unabhängig hiervon in dem Gestein vertheilt, in den Krümmungen aber gebrochen, geknickt, verschoben durch Sprünge und Risse, wie das Gestein selbst, welches sie beherbergt. Als Belege hiefür können die durch Steinbrüche weithin aufgeschlossenen, zwar stark geneigten, aber nicht gekrümmten Neocomschichten bei O. Wessen, die Cementsteinbrüche im Lias des Gastätter Grabens, die Brüche im Mergel der Häringer Schichten u. s. w., im Fichtelgebirge die nicht gebogenen Schichten des Clymenienkalks gelten.

Was die Verzerrung der Steinkerne angelangt, so fällt diese Erscheinung im Allgemeinen nach meinen Beobachtungen meist mit der Zeit zusammen, in welcher das um-

hüllende Material noch nicht verfestigt, durch Druck und Seitenschub in eine gewisse Bewegung versetzt werden konnte, wobei das Steinkernmaterial, wie die übrige Gesteinmasse mit verschoben wurde. Wiederdurchfeuchtung bereits fester thoniger Gesteine lässt gleichfalls dieselbe Erscheinung zu. Dies beweist das Zusammenvorkommen deformirter Steinkerne und nicht deformirter Schalenexemplare. In einzelnen Fällen beobachtete ich (*Amm. tenuilobatus*-Schichten vom Würgauer Berg), dass die Wohnkammertheile der *Ammoniten*, die als Steinkerne vorhanden waren, verschoben, die gekammerten und beschalten übrigen Theile dagegen vollkommen wohlerhalten sich vorfanden. Indem ich zahlreiche beschalte Versteinerungen besonders *Belemniten*, *Orthoceras*, *Crinoideen*-Stacheln, auch *Gasteropoden*, bei welchen Deformationen vorkommen, einer näheren Untersuchung unterzog, überzeugte ich mich, ohne auf e i n e Ausnahme zu stossen, dass solche Verzerrungen immer mit Brüchen verbunden sind, die meist schon mit blossem Auge deutlich wahrnehmbar, in ihrer ganzen Fülle aber erst recht zur Erscheinung kommen, wenn man die Stellen schwach anätzt und nun mit starker Lupe betrachtet. *Orthoceras*-Exemplare aus den böhmischen Silur- und Fichtelgebirgischen Devonschichten sind gerade nicht häufig als Steinkerne ausgebildet in diesem Falle jedoch immer verdrückt. Schalenexemplare sind entweder in der Form erhalten, oder aber etwas platt gedrückt oder gekrümmt. In diesen Fällen konnte ich immer die Längsrisse und die Quersprünge nachweisen, letztere auf der einen convexen Krümmungsseite etwas klaffend, auf der concaven Seite fein und eng zusammenlaufend. Bei den *Belemniten* ist es eine ungemein häufige Erscheinung, dass der ausgehöhlte Alveolentheil zusammengedrückt und gequetscht ist, wobei die Brüche ganz deutlich sichtbar sind. Auch bei dem massiven übrigen Theil der *Belemniten* kommt sehr häufig eine Krümmung vor —

abgesehen von der Zertrümmerung und Zerreissung in einzelne auseinander geschobene Stücke. Es liegt eine Reihe solcher bogenförmig gekrümmter *Belemniten* vor mir aus dem alpinen und ausseralpinen Gebiet, deren Krümmung auf die unzweideutigste Weise erst in Folge von Zerreissung durch ungemein zahlreiche Querrisse in der Weise erfolgt ist, dass auf der convexen Seite die Risse oft ziemlich weit klaffen und von Kalkspath ausgefüllt sind, während sie auf der concavgebogenen Seite äusserst fein erscheinen. An einem doppelt gekrümmten Exemplar des *B. giganteus* aus dem Dogger des Nipfs von Bogfingen wechseln die klaffenden Risse von einer Seite der Krümmung zur anderen.

Auch die von Heim auf Tafel XIV und XV seines berühmten Werkes abgebildeten, äusserst interessanten verzerrten *Belemniten* beweisen meiner Meinung nach das Gegentheil von der latenten Plasticität starrer Felsmassen. Denn wir sehen hier eine unendliche Zertrümmerung der Belemniten und die unzweideutige seitliche Verschiebung an diesen Querrissen. Dass einzelne Stückchen ohne grobe Risse sind, wie bei dem Exemplar Fig. 4 Taf. XIV ist nicht auffällig; die feinsten Risse werden sich aber sicher zeigen, wenn man diese Theile mikroskopisch untersucht. Was den *Belemnit* in Fig. 15 Tafel XIV anbelangt, der ohne Bruch gestreckt sein soll, so möchte schon aus der vortrefflichen Zeichnung die Zertrümmerung dieses Exemplars herauszulesen sein. Die höchst merkwürdige Erscheinung der zerbrochenen und stückweise auseinander gerissenen *Belemniten* (Fig. 3 und 4 Tafel XIV), wobei der nach der Zerreissung und Verschiebung theilweise leer gewordene Raum zwischen den einzelnen Bruchstücken mit Kalkspath und nicht mit Gesteinsmaterial ausgefüllt ist, beweist allerdings, dass die Verschiebung erst nach dem Festwerden des Materials stattgefunden hat, aber nichts für das Plastischwerden desselben, weil dann dasselbe denn doch wohl in die leeren

Zwischenräume eingedrungen wäre. Ich kann natürlich nicht ohne nähere Untersuchung behaupten wollen, dass das Nebengestein ebenso stark zertrümmert wurde, wie der *Belemnit*, doch scheint mir nur unter dieser Annahme allein ein bleibender Hohlraum möglich, der sich später mit Kalkspath ausfüllen konnte. Ich kann nur von ganz analogen Erscheinungen an den gestreckten *Belemniten* aus dem Ries bei Nördlingen angeben, dass hier das Nebengestein fast in Staubtheilchen zermalmt erscheint, welche durch infiltrirten, klaren Kalkspath nachträglich wieder zu festem Fels verkittet worden sind. Es sind ganz kleine, abgesprengte und bei Seite geschobene Stückchen dieser *Belemniten* wirr durcheinander liegend wieder so fest verbunden, wie die unzerbrochenen Theile. Dasselbe gilt von der ganzen umhüllenden Gesteinsmasse. Bei diesen *Belemniten* beobachtet man häufig, dass gewisse Risse nach und nach sich auskeilen, selbst unter dem Mikroskop nicht mehr weiter verfolgt werden können. Ich vermag dies eben so wenig als ein Zeichen anzusehen, dass die Masse an dem sich auskeilenden Spaltenende duktil sei, wie bei der allbekannten Erscheinung, dass Glas oder ein Thongefäss nur einen kurzen Sprung erhält; an dem sich auskeilenden Sprungende war die sich fortpflanzende Erschütterung einfach nicht mehr grösser, als die Elasticität des Materials, erst über die Grenze der Elasticität tritt ja Bruch ein.

Die Versuche, welche Herr Prof. Bauschinger an Gesteinsplatten vorgenommen hat, lehren, dass das Gesteinsmaterial bis zu einem gewissen Grad elastisch biegsam ist. Ueber die Grenze gebogen bricht das Material, behält aber in vielen Fällen in Folge der mechanischen Verzackung der einzelnen Theilchen auf den Bruchflächen in schön geschwungener Bogenform einen Zusammenhang, der genügen würde, falls sich in die entstandenen Risse z. B. Kalkspath

absetzen würde, wieder feste, nunmehr gekrümmte Gesteinsplatten darzustellen.

Dass harte und spröde Gesteinsmassen unter Umständen plastisch werden können, wurde schon früher bei der Erklärung des Zusammenthuns von alten Bergwerken erwähnt. Ein sehr lehrreiches Beispiel findet sich in den böhmischen Steinkohlenbergwerken, bei Pilsen, hei welchen eine grünliche Thonstein-ähnliche Gesteinslage, der sog. Schleifstein, über dem Kohlenflötz liegt. Bei dem frischen Aufschluss des Gebirgs durch Strecken ist diese Masse ungemein hart und steht vorzüglich. Sobald aber Grubenfeuchtigkeit oder Wasser auf dieselben einwirkt, verwandelt dieselbe sich in ein mehr oder weniger plastisches Material, das nun selbst bei geringem Druck beweglich und ausgepresst wird. In demselben eingeschlossene Pflanzenreste werden dabei zerrissen, auseinander geschoben und ihre einzelne Theile durch dazwischen eindringende Gesteinsmasse getrennt. An solchen Stellen wird dann auch die Grubenzimmerung stark gedrückt, die Kappen zuerst gebogen und gekrümmt, über die Elasticitätsgrenze aber belastet, wenn auch durch einen sehr allmählig zunehmenden Druck endlich geknickt und gebrochen. In dem Bergbau, bei dem denn doch die Wirkungen des Gebirgsdrucks in der ausgedehntesten Weise zu beobachten die allseitigste und beste Gelegenheit sich darbietet, hat man, so weit ich die Literatur kenne und meine eigene Erfahrungen reichen, noch Nichts gefunden, was an eine Biegung fester, spröder Gesteine ohne Bruch erinnern könnte. Dass Stollen oder Strecken in Granit und Urgebirgsfelsarten, in Sandstein, Thonschiefer, Kalkstein, überhaupt nicht thonreichem oder mergeligem Gestein auf andere Weise, als durch Zusammenbruch sich wieder ausfüllten, ist bis jetzt thatsächlich noch nicht beobachtet worden.

In die Reihe der hieher gehörigen Erscheinungen lassen sich auch die sog. verschobenen Steinsalzwürfel von Berch-

tesgaden und von Gössling zählen. Besonders sind erstere bemerkenswerth und mit deformirten Versteinerungen in Parallele zu stellen. Bei ihnen ist häufig der ganze verschobene Würfel wieder mit Steinsalz ausgefüllt — in andern Fällen nur mit einer Gypsrinde überzogen, sonst hohl. Schon Quenstedt[33]) bemerkt, dass dieses Steinsalz in den oft stark verzerrten Würfeln nicht nach den schiefen Winkeln, sondern stets rechtwinkelig spaltet, was ich ausnahmslos bestätigt finde. Man könnte diese im Salzthon vorkommenden verzerrten Krystalle als durch Druck erzeugt ansehen. Das ist nun aber thatsächlich nicht der Fall, vielmehr ist die Erscheinung dadurch zu erklären, dass man annimmt, der durch Wasser leicht feucht werdende und dann etwas plastische Salzthon sei, nachdem er längst verfestigt war, durch irgend eine Veranlassung wieder vom Wasser durchtränkt worden, welches das in Würfelkrystallen eingeschlossene Steinsalz auflöste. In Folge dieser Durchfeuchtung wurde der nunmehr etwas plastische Salzthon durch irgend einen Druck etwas geschoben und dadurch erlitten auch die durch das Auflösen des Steinsalzes leer gewordene Krystallräume mit eine Verschiebung. Bei erfolgtem Austrocknen setzte sich nun zunächst der schwerer lösliche Gyps an den Wandungen dieser Hohlräume ab und später füllte sich z. Th. der übrige Raum mit Steinsalz an, das unbekümmert um die Form des Umfassungsraums regelmässig spaltet. Dass der Salzthon jedoch nur in geringem Grade plastisch war, geht aus dem Umstande hervor, dass bei vielen dieser Krystallräume in die umgebende Thonmasse hineinreichende Risse an den Kanten sich bemerken lassen, die gleichfalls mit infiltrirtem Gyps ausgefüllt sich zeigen. Aehnlich verhält es sich mit den häufig im Röth und auf Schichtflächen des Keupermergels vorkommenden verschobenen Würfeln die

33) Epoche der Natur S. 109.

anstatt mit Gyps oder Steinsalz mit Gesteinssubstanz ausgefüllt sind. Hier muss die Ausfüllung des gleichfalls durch Auflösung der Steinsalzkrystalle entstandenen Hohlraums in einer Zeit vor sich gegangen sein, als bei noch feuchtem und verschiebbarem Zustande der Schichtenmasse der auflastende Druck letztere in den Hohlraum von unten einzupressen vermochte.

Es wäre interessant, bei Pseudomorphosen in festem Gesteinsmaterial die Aufmerksamkeit auf etwa erlittene Formänderung zu richten. Nur im Vorübergehen sei bemerkt, dass ich zahlreiche sog. gekrümmte[34]) Krystalle, namentlich solche, die in langen Säulen und Nadeln ausgebildet vorkommen, untersucht habe, z. B. zahlreiche Turmalien aus den Alpen und aus dem bayerischen Walde, ebenso Beryll, dann Epidot, Quarz (nicht die sog. gewundenen Bergkrystalle aus der Schweiz) deren Biegung deutlich durch gröbere und feinere Risse erfolgt ist, wobei die Risse einseitig auf der convexen Seite weiter klaffen (natürlich durch infiltrirte Mineralsubstanz wieder ausgefüllt) während sie nach der concaven Seite der Krümmung hin verschwindend fein werden.

Ueber das Verhalten starrer Mineralmassen unter hohem Druck habe ich einige Beobachtungen angestellt, welche vielleicht nicht ohne Interessen sind. Ich glaubte zunächst das Verhalten der einzelnen Mineralien, welche häufig als Gesteins-bildende auftreten, prüfen zu sollen. Hierbei hatte ich mich der ausgiebigsten Hilfe des Herrn Prof. B a u s c h i n g e r zu erfreuen, welcher die Vorrichtungen herstellen und die Druckproben vornehmen liess.

---

34) Man darf mit dieser Erscheinung nicht jene vermengen, bei der schon im Moment der Entstehung eine Krümmung der Nadeln durch eine Streckung erfolgt, wie beim Glaubersalz und Salpeter, wenn sie aus porösen Stoffen herauskrystallisiren und wenn Eisnadeln im Winter aus feuchtem Boden oder Mauern hervorschiessen nnd oft haarförmig gekrümmt erscheinen.

Für diese aufopfernde Gefälligkeit glaube ich hier ausdrücklich meinen Dank aussprechen zu sollen.

Diese Versuche wurden durch den grossen Apparat bewerkstelligt, welcher Herrn Prof. Bauschinger zur Vornahme seiner bekannten Versuche dient und zwar zuerst in einer unzerlegbaren Hülse und durch einen in diesen passenden Stempel mit Materialcylinderchen von 1 Qcm. Fläche, und ung. 0,01—0,005 m. Höhe, später mit zerlegbarer Hülse unter Anwendung eines Drucks von 22000 bis 26000 Atmosphären.

Fleischrother Orthoklas aus dem Pegmatit von Bodenmais wurde in einem Cylinderchen senkrecht zur basischen Fläche langsam einem Druck von 22000 Atmosphäre ausgesetzt, wobei sich ein starkes Knirschen hörbar machte. Nach dem Herausnehmen aus der zerlegbaren Hülse war die Mineralmasse in eine feinkörnige und staubartige Masse verwandelt, bei welcher nur einzelne Stückchen noch etwas Zusammenhalt behielten. In eine kleine nabelförmige Vertiefung der Hülse war die Substanz hineingedrückt, aber hier so von feinstaubartiger Beschaffenheit, dass die Masse bei dem Berühren sofort zerfiel. Die grösseren, noch einigen Zusammenhalt besitzenden Stückchen waren gleichfalls in unendlich viele Theilchen zerdrückt, so dass sie Flüssigkeit begierig aufsaugten; doch zeigten sie noch deutlich in der betreffenden Richtung die spiegelnden Spaltungsflächen, jedoch nicht als eine gleichheitlich zusammenspiegelnde, sondern so, als ob dieselbe fein facettirt wäre. Weder an den Druck-, noch Seitenflächen war eine Spur erlittener Schmelzung wahrzunehmen. Dünnschliffe liessen zwar die unendliche Zerklüftung, aber kein abweichendes optisches Verhalten wahrnehmen.

Quarz zeigte in einem in der Richtung der Hauptachse aus einem vollständig reinen, wasserhellen Bergkrystall von St. Gotthard geschnittenen Cylinderchen, demselben Druck ausgesetzt, gleichfalls eine völlige Zertrümmerung in

mehr nadelförmige, meist wasserhelle, nur stellenweis getrübte Splitterchen, die in nur wenigen Stückchen noch einigen Zusammenhalt besassen. Unten in der schon genannten nabelförmigen Vertiefung befand sich völlig pulverige, weisse Quarzmasse. Der Hauptsache nach lagen die langgezogenen Splitter senkrecht zur Wandfläche ungefähr strahlenförmig und zeigten einen muscheligen Bruch.

Aus einem wasserhellen isländischen Kalkspath wurde in der Richtung der Hauptachse ein Cylinderchen von 0,01 m. Länge geschnitten. Dasselbe einem Druck von 22000 Atm. ausgesetzt, verwandelte sich in einen völlig undurchsichtigen, aber noch vollständig ganzen Körper, welcher nach den regelmässigen Spaltungsflächen leicht sich theilen liess, ausserdem aber auch noch unregelmässig mit muscheligem Bruche leicht in splitterige Stückchen zerbröckelte; dabei besassen die Spaltflächen den normalen Spiegel, während auf dem unregelmässig muscheligen Bruche eine Art Glasglanz sich zeigte. Sehr bemerkenswerth ist, dass sowohl in die Vertiefung des Bodens, als auch in die feinen Spalten zwischen den 2 Theilen der Hülsen Kalkspathmasse eingedrungen war. Dieselbe wurde sorgfältig untersucht, wobei sich ergab, dass sie aus kleinsten pulverförmigen Theilchen bestand, welchen hier und da noch spiegelnde Spaltkörnchen des Krystalls sich beimengten. An diesen Stellen war auch das Cylinderchen bis ziemlich tief nach Innen in staubartig kleinste Theilchen zerklüftet und besass die Spaltbarkeit nicht, welche die übrige Masse besass.

Von einer Plasticität des Kalkspaths unter dem bezeichneten Drucke ist also hier nicht das Geringste zu sehen; wo die Kalkspathmasse bei diesem grossen Drucke einen Ausweg fand, wurde sie in Pulver zertrümmert und in dieser Form in den Hohlraum hineingepresst, in welchem die einzelnen Bruchstücke (nicht Moleküle) nur durch Adhäsion locker an einander hängen blieben. Nimmt man

den Fall an, es werde solche vertrümmerte und in irgend eine Oeffnung hineingepresste Kalkspathmasse von kalkhaltigem Wasser durchtränkt, wobei sich kohlensaure Kalkerde in den Zwischenräumchen absetzen könnte, so entstände ein allerdings scheinbar in plastischem [35]) Zustande vollzogenes Eindringen von Kalkmasse beispielsweise in die Spalten des Nebengesteins!

Wenn auch diese immerhin rohen Versuche nicht viel beweisen, so lehren sie doch unzweideutig, dass die hauptsächlich zum Aufbau der festen Erdrinde verwendeten Mineralien bei einem immerhin schon sehr ansehnlichen Druck von 22000 Atm. sich nicht plastisch verhalten.

Um nun auch die Wirkung hohen Drucks auf Gestein, d. h. Mineralgemenge kennen zu lernen, wurde zunächst eine Druckprobe an einem äusserst feinkörnigen Gyps (Alabaster) bis 25000 Atm. vorgenommen. Der Gyps nahm nach diesem Drucke ein erdiges statt seines früher feinkrystallinisches Aussehen an, war mürbe, mit der Hand leicht zerbrechlich geworden und zeigte eigenthümliche unebene Bruchfläche, die wie Rutschfläche aussahen, aber keine Streifchen besassen. Bei diesem Versuche war am Boden der Stempelhülse eine kleine Vertiefung von ungefähr 3 mm. Tiefe und 5 mm. Durchmesser. Dieser Raum war nach dem Drucke vollständig von Gypsmasse ausgefüllt, die gleiche Festigkeit zeigte, wie die im Hauptkörper.

Um nähere Vergleiche zu ziehen, wurden Dünnschliffe von dem ursprünglichen Alabaster und von der Masse nach

35) Aehnlich lässt sich auch das oft erwähnte Plastischwerden des Eises bei grossem Druck erklären, wodurch das Eis zunächst zertrümmert und verschoben oder in die Höhlung gepresst wird; gleichzeitig entsteht mit dieser Wirkung des hohen Drucks eine wenn auch geringe Temperaturerhöhung und die Bildung von etwas Wasser, das genügen dürfte, sobald der Druck nachlässt, wieder in Eis überzugehen und die Eisfragmente wieder zu einem scheinbaren Ganzen zu verkitten.

Einwirkung des Drucks hergestellt. U. d. M. sieht man, dass der ursprüngliche Alabaster deutlich aus krystallinisch körnigen kleinen Theilchen und dazwischen eingelagerten grösseren Kryställchen besteht, welche beide wasserhell von regelmässig streifig geordneten trüben pulverförmigen Körperchen begleitet werden. Nach dem Drucke zeigt das Material nichts mehr von diesem regelmässigen Gefüge, die ganze Masse ist fast undurchsichtig, trübe, durchweg aus staubig pulverigen, selten hellen und durchscheinenden Körperchen zusammengesetzt. Statt der schönen Farben des Alabasters vor dem Druck i. p. L. tritt uns jetzt der schwache Schimmer einer bis ins Kleinste gehenden Aggregatfärbung entgegen. Es ist demnach nicht zweifelhaft, dass der Alabaster eine Zertrümmerung in staubartig kleinste Theilchen durch den Druck erlitten hat und dass diese kleinsten Trümmerchen nur mehr durch Adhäsion an einander haften.

Ferner wurde eine der dichtesten Kalkarten, der lithographische Kalk von Solenhofen, einer gleichen Probe unter Anwendung eines Drucks von 26500 Atmosphären unterzogen. Die zum Druck verwendeten Cylinderchen wurden senkrecht zur Schichtenfläche genommen. Bei einer ursprünglichen Länge von 10,2 mm. und in einer zweiten Probe von 9,8 mm. wurde das Material auf 9,5 mm. und 8,7 mm. zusammengedrückt. Die Ungleichheit dieser Zusammendrückbarkeit rührt wahrscheinlich von dem Umstande her, dass in der von früher erwähnten am Boden der Hülse angebrachten Vertiefung in dem einen Falle etwas mehr, in dem andern Falle etwas weniger Material sich einpresste. Der Kalk zeigt nach dem Druck im Allgemeinen auf dem Bruch eine entschieden noch grössere Dicke und eine hellere Farbe, als im ursprünglichen Material und ist ausserdem sehr geneigt, bei dem geringsten Drucke nach zwei Richtungen sich zu zertheilen, einmal in zu der Druckrichtung normalen dünnsten Platten und dann senkrecht darauf d. h. parallel der Druckrichtung

nach zahlreichen Klüftchen, die z. Th. radial, z. Th. vorwaltend quer verlaufen. Seltener sind ausserdem ungefähr radial gestellte Klüftchen bemerkbar, namentlich gegen den Umfang hin. Welche tief greifende Veränderung die Struktur des Kalksteins durch den enormen Druck erlitten hat, lässt sich am Deutlichsten bei dem Befeuchten mit einer farbigen Flüssigkeit ersehen. Während an dem ursprünglichen Kalkstein der Farbstoff nur ganz oberflächlich sich anhängt, wird derselbe von dem gedrückten Material lebhaft aufgesaugt und an den grösseren Rissen rasch, soweit diese reichen, fortgeführt; an der Zwischenmasse, in der man mit unbewaffnetem Auge keine Risse wahrnimmt, vertheilt sich die Farbe wolkenartig ungleich, aber doch beträchtlich weit von der befeuchteten Stelle weg. Es hat also trotz der Compression eine Zersprengung der Masse in kleinste Theilchen stattgefunden.

Am merkwürdigsten verhält sich der Theil der Cylinderchen am Boden, wo ein Einpressen in die kleine konische Höhlung von 2 ½ mm. Radius und 2 mm. Tiefe stattgefunden hat. Hier ist die Kalksubstanz in der Warzen-förmigen Erhöhung in unendlich dünne Blättchen zersprengt, welche merkwürdiger Weise etwas gebogen schalenförmig mit einer Wölbung nach oben, d. h. nach dem Innern der Hauptmasse und entgegengesetzt nach der Spitze der konischen Form verlaufen. Die Neigung zur schaligen Zerklüftung mit gleicher Wölbungsrichtung macht sich noch auf eine beträchtliche Strecke im Innern des Cylinderchens bemerkbar. Selbst in die feinen Fugen der zusammengesetzten Hülse ist die Kalkmasse vorgedrungen und hier, wie überhaupt an der ganzen Oberfläche hornartig von Aussehen, aber bei nur schwacher Berührung gleichfalls in kleinste Splitterchen theilbar und von Flüssigkeit leicht durchtränkbar. Ich habe diese sehr dichtgepressten, äusserlich hornähnlichen Theilchen besonders sorgfältig unter dem Mikroskop i. p. L. unter-

sucht und gefunden, dass die Substanz ganz so wie die übrige gedrückte Masse feinste Aggregatfarben zeigt, also nicht in amorphen Zustand übergegangen ist.

Dünnschliffe parallel und senkrecht zur Druckrichtung lassen im Vergleiche zu dem ungedrückten Material wenig Verschiedenheiten mit Ausnahme der u. d. M. erkennbaren, zahllosen Risse wahrnehmen. Die Masse erscheint feinkörnig aus rundlichen Körnchen und platten Schüppchen zwischen einzelnen parallelstreifigen Flecken zusammengesetzt. I. p. L. tritt uns eine nicht besonders durch Glanz ausgezeichnete Aggregatfärbung entgegen. Auch an diesem Material, dem Repräsentanten einer der am weitesten verbreiteten Gebirgsbildungen, wurde eine Verschiebung der starren Gesteinstheilchen ohne Bruch und ohne Zertrümmerung bei dem ansehnlichen Druck von 26500 Atm. nicht beobachtet. Mag man nun auch annehmen, dass der Gebirgsdruck, welcher bei der Biegung der Gesteinsbänke wirksam gewesen sei, noch beträchtlich grösser gewesen war, als der bei den oben erwähnten Versuchen, so viel ist doch durch letztere nachgewiesen, dass Mineral- und Gesteinssubstanz verschiedener Art, in andere Form gebracht werden kann, aber nicht ohne eine unendliche Zerstückelung des ursprünglich starren, festen Materials und dass die Verfestigung in der neuen Form nun durch die Aneinanderpressung der Theilchen in Folge von Adhäsion bewirkt wird.

Ich komme zum Schlusse dieser Betrachtung auf die Annahme zurück, dass eine Biegung starrer, fester, nicht durch Wasser erweichbarer Gesteinsmassen ohne Bruch thatsächlich weder durch direkte Beobachtung in der Natur, noch durch Versuche nachgewiesen ist, und dass auch zur Erklärung der bisher beobachteten Gesteinsbiegungen und Deformationen im Allgemeinen eine Plasticität starren, festen Gesteinsmaterials anzunehmen nicht nothwendig erscheint.

Herr Wilhelm von Bezold sprach:

„Ueber Lichtenberg'sche Figuren und elektrische Ventile."

Vor Kurzem haben die Herren E. Mach und S. Doubrava zwei Abhandlungen veröffentlicht[1]), in welchen sie gegen meine Untersuchungen über Lichtenberg'sche Figuren mehrfache Einwände erhoben, die ich nicht als begründet anerkennen kann. Ich erlaube mir deshalb dieselben hier etwas näher zu beleuchten und zugleich noch einige bisher nicht veröffentlichte Versuche zu beschreiben, welche mir ebenfalls zu Gunsten meiner früher dargelegten Anschauungen zu sprechen scheinen.

Zunächst möchte ich den auf S. 3 der erstgenannten von beiden Herren gemeinschaftlich verfassten Abhandlung gemachten Vorwurf zurückweisen, als sei ich im Grunde genommen nicht über den von Herrn Reitlinger viel früher schon erreichten Standpunkt hinausgegangen. Selbst zugegeben, dass die von mir nach Analogie mit Flüssigkeitsbewegungen versuchte Erklärung[2]) für die Verschiedenheit der

---

1) Sitzungber. d. Wien. Acad. Jahrg. 1879. Abth. II. Sitzung vom 17. Juli; auch in Wiedemann's Ann. Bd. IX S. 61 ff. — ferner: Doubrava, Untersuchungen über d. beid. elektr. Zustände. Prag 1881 (?)

2) Poggdff. Ann. CXLIV S. 538 ff.

beiden Lichtenbergischen Figuren nur als eine Hypothese zu betrachten sei, und als solche wurde sie von mir auch ausdrücklich bezeichnet, so scheint mir doch die Herstellung der mannigfaltigen Figuren durch Combinationen einfacher Funkenentladungen mit Hülfe der Elektrisirmaschine ein nicht unwesentlicher Fortschritt im Vergleiche zu der Anwendung des Inductionsapparates, der in die Einzelheiten der Bildung keinen Einblick gewährt. Desgleichen dürften die consequente Verfolgung aller einzelnen Umstände, welche bei Entstehung dieser Figuren in Betracht kommen können, die nach den verschiedensten Richtungen hin angestellten Messungen, welche die Reitlinger'schen an Genauigkeit weit übertreffen, doch Arbeiten sein, welche unter allen Bedingungen einmal gemacht werden mussten und von jedem, der sich weiter mit diesem Gegenstande beschäftigen will, kaum unberücksichtigt bleiben können.

Dies vorausgeschickt, mögen nun einzelne Einwände einer genaueren Würdigung unterzogen werden.

Um den Leser rasch über meine früher ausgesprochene Ansicht zu orientiren sei bemerkt, dass ich Versuche angestellt habe mit Flüssigkeiten, bei welchen bald eine Bewegung von einem Centrum aus nach der Peripherie bald im umgekehrten Sinne rasch und vorübergehend eingeleitet wurde. Ich bediente mich dazu einer gallertartigen Masse wie man sie durch Aufquellen von Traganth in Wasser erhält. Spritzt man auf die Oberfläche einer solchen Masse Farbe, welche mit Weingeist und Ochsengalle angemacht ist, in ganz feinen Partikelchen und saugt man nun z. B. in einer a. a. O. S. 540 angegebenen Weise etwas von der Oberfläche dieser Flüssigkeit auf, so ordnen sich die Farbtröpfchen strahlenförmig an und man erhält ein Bild, welches der positiven Lichtenberg'schen Figur ausserordentlich ähnlich ist, lässt man dagegen aus dem in feiner Spitze endigenden Röhrchen etwas Flüssigkeit auf die Fläche austreten,

so schiebt diese die Farbpartikelchen vor sich her und die so entstehende Figur zeigt eine kreisrunde Begrenzung ganz ähnlich wie die negative Lichtenberg'sche.

Hiebei macht sich auch bei gleicher Störung des Gleichgewichtes der Grössenunterschied in demselben Sinne geltend, wie bei den Lichtenberg'schen Figuren.

Diese Versuche veranlassten mich zu der Aufstellung der Hypothese, dass man in den Lichtenberg'schen Figuren wesentlich die fixirten Bilder der durch die Entladung hervorgerufenen Bewegungen der Luft oder des Gases vor sich habe.

Herr Mach glaubt die Analogie zwischen diesen beiden Arten von Versuchen als eine sehr äusserliche bezeichnen zu sollen, eine Anschauung, die sich jedoch bei genauerer Betrachtung kaum aufrecht erhalten lässt.

So zeigen z. B. die beiden Arten von positiven Figuren, wenn man diese Bezeichnung anwenden will, die gleiche Art der Abhängigkeit von der Geschwindigkeit mit der ihre Bildung vor sich geht. Erzeugt man die Lichtenberg'schen Figuren unter ausschliesslicher Benutzung guter Leiter, so werden die Strahlen ganz geradlinig, sie verlaufen genau radial. Gerade so, wenn man den Saugversuch in der Flüssigkeit sehr rasch ausführt. Schaltet man bei der Herstellung der Lichtenberg'schen Figur sehr schlechte Leiter in den Schliessungsbogen ein, so krümmen sich die einzelnen Strahlen in höchst auffallender Weise, man erhält jene Figuren, welche Reitlinger mit Seekrabben verglichen hat. Dieselben Verkrümmungen bemerkt man bei der auf der Flüssigkeit gebildeten Figur, wenn das Saugen langsam von statten geht. Das ist doch ein Parallelismus in beiden Gruppen von Erscheinungen, der unwillkührlich auf den Gedanken führen muss, dass man es hier nicht bloss mit einer oberflächlichen Analogie zu thun habe.

Aehnlich verhält es sich, wenn man der Lichtenberg'-

schen Figur während ihrer Bildung Hindernisse in den Weg stellt. Scheidewände aus isolirendem Materiale senkrecht auf die zur Darstellung der Figuren dienende Hartgummiplatte aufgesetzt, weisen den Strahlen der positiven Figuren Wege an, die beinahe genau mit den Stromlinien zusammenfallen, die man in einer Flüssigkeitsplatte beim Saugen nach einer Spitze hin erhält.

Die Figuren 3 und 13 meiner oben citirten Abhandlung lassen dies in sehr anschaulicher Weise erkennen.

Vor Allem aber zeigen diese Figuren, dass die Strahlen der positiven Figur durchaus nicht immer den Kraftlinien entsprechen, da diese durch die aufgestellten Scheidewände keinenfalls in diesem Sinne modificirt werden können.

Ein anderer Einwand, welchen die Herren Mach und Doubrava gegen die Anschauung vorbringen, dass die Lichtenberg'schen Figuren wesentlich durch die Bewegung der Luft bedingt würden, besteht darin, dass die elektrischen Vorgänge, deren Bilder man in diesen Figuren vor sich habe, ungleich rascher sich abspielten, als dies von Luftbewegungen denkbar sei. Ein auf S. 340 meiner oben citirten Abhandlung angeführter Versuch beweist jedoch das Gegentheil, er lehrt vielmehr, dass die Bildung der Lichtenberg'schen Figuren bei Anwendung eines schlecht leitenden Schliessungsbogen sogar sehr langsam vor sich geht.

Dass sie aber auch bei Anwendung guter Leiter wenigstens in Luft von gewöhnlicher Dichte nicht sehr rasch erfolge, ergibt sich daraus, dass es nicht möglich war, durch benachbarte starke Elektromagnete eine andere Krümmung der Strahlen hervorzurufen (a. a. O. S. 534), dass sie mithin elektrodynamischen Einflüssen nicht zugänglich sind, während es leicht möglich ist, ihre Abhängigkeit von elektrostatischen nachzuweisen.

Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass eine solche Einwirkung kräftiger Magnete bei Bildung der Figuren in ver-

dünnten Gasen wohl merkbar sein wird, da ja die Lichterscheinungen in Geissler'schen Röhren demselben so sehr unterworfen sind. Leider mangelt mir im Augenblicke die Zeit, die Untersuchung nach jener Seite hin auszudehnen.

Alle die bisher berührten Einwände beziehen sich nur auf die von mir entwickelten theoretischen Anschauungen, beziehungsweise Hypothesen. An einer anderen Stelle wird auch die Richtigkeit eines der mitgetheilten Versuche in Zweifel gezogen. Hier handelt es sich jedoch im Wesentlichen um ein Missverständniss.

Es betrifft dies den von mir angestellten Umkehrungsversuch im Charakter der Figuren, auf den ich eben durch die Analogie mit Flüssigkeitsbewegungen geführt worden war. Ich bediente mich dabei eines auf die Ebonitplatte geklebten Stanniolringes, den ich mit dem Zuleiter in Verbindung setzte, während die Ableitung im Centrum oder bei Platten ohne untere Belegung auch unterhalb des Centrums auf der anderen Plattenfläche vorgenommen wurde. Bei jeder dieser Anordnungen ergab sich, dass unter Benutzung des Ringes als Zuleiter für die negative Elektricität die Figur sich verhältnissmässig stark nach innen entwickelte, und einen strahligen Charakter hatte, während die positive kleinere Ausdehnung zeigte und in vielen Fällen vollkommen kreisförmige Begrenzung.

In der ersten von den beiden Herren gemeinschaftlich verfassten Abhandlung wird gegen die Beweiskraft dieses Versuches der Umstand angeführt, dass die Strahlen der negativen Figur, von denen ich gesprochen habe, eigentlich nur als langgestreckte durch die gegenseitige Einwirkung benachbarter Figuren in gewissem Sinne plattgedrückte negative Figuren zu betrachten seien.

Ich kann diesen Einwurf, welcher sich offenbar auf Fig. 11 meiner Abhandlung bezieht, nicht als ganz unberechtigt zurückweisen, aber bleibt er denn auch bei dem

Versuche, wie ihn Fig. 10 der genannten Abhandlung versinnlicht stichhaltig? Und wie es zu erklären, dass bei Anwendung positiver Elektricität, die letztere nur so schwer in's Innere des Ringes sich verbreitet und bei richtig gewählten Schlagweiten in diesem Falle vollkommen kreisrunde Begrenzungen erzielt werden? Mit denselben Schlagweiten, welche bei negativer Elektricität die Figur 10 liefern, erhält man unter Anwendung positiver Elektricität einen einfachen Ring, der nur an Breite den Stanniolring ein wenig übertrifft.

Dieser Versuch ist es, den ich vor allen anderen für die Richtigkeit meiner Anschauungen in Anspruch nehmen möchte.

Die Wiederholung desselben ist jedoch Herrn Doubrava nicht gelungen. Der Grund dafür ist ein sehr einfacher. Erstens hat er nur einen Ring auf die Ebonitplatte gelegt, statt ihn vorsichtig auf dieselbe zu kleben, ein Verfahren, das von vorneherein die Versuche unrein machen musste, vor Allem aber hat er dabei ganz falsche Dimensionen des Ringes in Anwendung gebracht.

Ich benutzte Ringe von etwa 3 Centimeter Durchmesser und Schlagweiten von wenigen Millimetern, Herr Doubrava nimmt einen solchen von 10 Centimeter Durchmesser, während seine Schlagweiten wenigstens der Abbildung nach ungefähr die gleichen gewesen sein dürften. Bei solchen Dimensionen kommt die Krümmung viel zu wenig in Betracht, und erst wenn die Durchmesser der mit Anwendung einfacher Spitze entstehenden Figuren jenem des Ringes gleich werden oder ihn übertreffen, darf man erwarten, die von mir erhaltenen Resultate wieder zu finden.

Gerade durch diese Art der Wiederholung des Experimentes hat Herr Doubrava bewiesen, dass ihm der von mir verfolgte, meinen Versuchen zu Grunde liegende Gedankengang vollkommen fremd geblieben ist.

Nach dem hier Gesagten besteht für mich kein Grund von meiner früheren Anschauung abzugehen, wonach man bei der positiven Lichtenberg'schen Figur unmittelbar an der isolirenden Fläche eine Bewegung von der Peripherie nach der Spitze, mithin nach dem Centrum bei der negativen eine entgegengesetzt gerichtete anzunehmen habe, wenigstens in Luft und ähnlich sich verhaltenden Gasen.

Dagegen ist gerade bei der Bedeutung die diese Hypothese der Luft oder dem Gase beilegt, der Gedanke nicht ausgeschlossen, dass in anderen Körpern, z. B. in Terpentinöl vollkommen andere Verhältnisse obwalten. Mit meiner Anschauung würde übrigens auch das eigenthümliche Verhalten der Holtz'schen Trichterröhren [3]) übereinstimmen. Es sind dies bekanntlich Geissler'sche Röhren, welche im Innern eine Anzahl von Trichtern besitzen, die zu feinen Spitzen ausgezogen und nur an diesen Spitzen mit kleinen Oeffnungen versehen sind.

Werden zwei solche Röhren in der Art verbunden, dass sie einem durchgehenden Strome zwei Wege darbieten, so benutzt derselbe doch nur den einen von beiden, wenn die Richtung der Trichterspitzen in beiden die entgegengesetzte ist, und zwar jenen, bei welchem der positive Strom den Weg von der Spitze jedes einzelnen Trichters zur Basis desselben zu machen hat.

Würde man in einer solch' verzweigten Röhre jene Stellen, wo sonst die Leitungsdrähte eingeschmolzen sind, öffnen und dann hineinblasen, so würde der Luftstrom den anderen Weg benutzen, er würde sich wesentlich durch jene Röhre fortpflanzen, in welcher er die Trichter von der Basis nach der Spitze zu durchlaufen hätte.

---

3) S. Pggdff. Ann. Bd. CXXXIV S. 1 ff. Ib. Bd. CLV S. 643 Wiedem. Ann. Bd. X 336.

Der Luftstrom verhielte sich demnach wie ein von einem negativen Pole ausgehender Entladungsstrom und die Uebereinstimmung zwischen beiden Arten von Erscheinungen wäre auch hier wieder vollkommen hergestellt, wenn man annähme, dass bei dem Entladungsstrome in der Axe der Röhre eine Bewegung der Gastheilchen vom negativen nach dem positiven Pole zu stattfinde.

Die Erscheinungen im galvanischen Lichtbogen sind bekanntlich auch leichter mit dieser Anschauung in Einklang zu bringen.

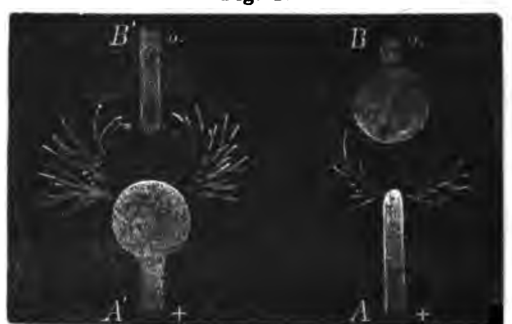
Solche Betrachtungen veranlassten mich schon vor Jahren auch den sogenannten elektrischen Ventilen Aufmerksamkeit zu schenken und ich beschreibe einige hierauf bezügliche meines Wissens bisher noch nicht veröffentlichte Erscheinungen um so lieber, als ich im Vorhergehenden noch wenig Neues gebracht habe. Denn strenge genommen sind die eben gemachten Darlegungen der Hauptsache nach grösstentheils schon in meinen älteren Abhandlungen enthalten. Aber da sie unbeachtet geblieben oder wenigstens nicht genug gewürdigt worden zu sein scheinen, so war ich gezwungen, dieselben wenn auch in anderer Form und in anderem Zusammenhange noch einmal vorzutragen.

Die eben angedeuteten neuen Versuche, bei welchen ich mich übrigens nur auf die Beschreibung beschränke, sind die folgenden:

Klebt man auf eine Ebonitplatte Staniolstreifen, welche sich gabelförmig verzweigen, und lässt man dieselben abwechselnd in Scheiben oder in einfach abgestumpften Spitzen endigen, so dass immer Scheibe und Spitze einander gegenüber stehen, so stellt das Stanniol die ebene Projection eines Gaugain'schen elektrischen Ventiles dar. Thatsächlich wirkt es auch wie ein solches.

Verbindet man z. B. die beiden aus einem Stamme entsprungenen Zweige A und A′ mit dem positiven Conductor einer Electrisirmaschine, B und B′ mit der Erde, so springt der Funke immer zwischen A und B über. Führt man hingegen den Zweigen A und A′ negative Elektricität zu, während B und B′ mit der Erde verbunden bleiben, so erfolgt das Ueberspringen immer zwischen A′ und B′ genau wie beim Gaugain'schen Ventile, wo auch der Uebergang stets so eintritt, dass die positive Elektricität von der kleinen Kugel zur grossen übergeht.

Fig. 1.



Zugleich aber entstehen auf der Ebonitplatte bei Bestäuben Figuren, die den Lichtenberg'schen verwandt sind.

In Fig. 1 sind diese Figuren in halber natürlicher Grösse dargestellt, wie man sie erhält, wenn A und A′ mit dem positiven Conductor, B und B′ mit der Erde in Verbindung ist. Hiebei legt sich zunächst bei Bestäuben mit dem bekannten Gemische von Schwefel und Mennige der Schwefel auf A und A′, die Mennige auf B und B′ nieder. Zugleich bilden sich die eigenthümlichen der positiven Figur eigenen Strahlen. Der Farbenunterschied zwischen Schwefel und Mennige ist in der Figur durch den helleren oder tieferen Ton versinnlicht.

Es ist sehr merkwürdig, dass diese Strahlen-

figur vorzugsweise an jener Stelle sich ausbildet, wo kein Funke zu Stande kommt, während sie sich an der eigentlichen Funkenstrecke zwischen A und B nur in verkümmerter Weise entwickelt.

Aehnlich verhält es sich bei der negativen Entladung, auch dort tritt die der Lichtenberg'schen analoge Figur vorzugsweise an jener Stelle auf, wo der Funke nicht überspringt.

Es scheint also dass Funke und Lichtenberg'sche Figur hier gewissermassen eine stellvertretende Rolle spielen.

Bei Anwendung negativer Elektricität sind die entstehenden Figuren höchst unscheinbar, nichts destoweniger aber sehr mannigfaltig. Während sie häufig eine blosse Umränderung bilden mit den charakteristischen abgerundeten Hervorragungen, so treten in anderen Fällen auch streifige Figuren auf.

Fig. 2.

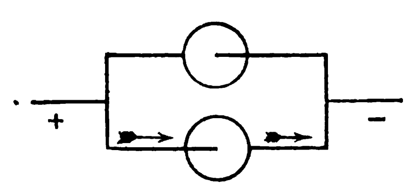
Eine solche streifige Figur ist in Fig. 2 abgebildet, wo die Stanniolbelegungen nicht zu einem Ventile angeordnet waren, sondern nur ein abgerundeter Streifen einer in ein Scheibchen endigenden Belegung gegenüber stand, und ersterer mit dem negativen Conductor beziehungsweise mit dem Funkenmikrometer, das Scheibchen aber mit der Erde in Verbindung stand, so dass der Funke gezwungen wurde, einen Weg zu nehmen, den er im Ventile nicht einschlagen würde.

Man kann übrigens auch noch in anderer Weise elektrische Ventile mit Hülfe von Stanniolbelegungen auf isolirenden Platten herstellen.

Klebt man z. B. zwei Stanniolringe auf eine solche und stellt man durch vier aufgesetzte Nadeln, von denen die einen auf den Ringen, die andern auf den Centren der Ringe

aufsitzen, eine Verbindung der Art her, dass ein Ring und ein centraler Zuleiter mit dem einen Conductor der Elektrisirmaschine, das andere Paar mit dem anderen oder mit der Erde verbunden ist, so springt der Funke nur zwischen einem Zuleiter und dem entsprechenden Ringe über und zwar immer so, dass die positive Elektricität vom Centrum zum Ringe geht. Die eben beschriebene Anordnung wird durch das Schema Fig. 3 versinnlicht.

Fig. 3.



Von einer eingehenderen Untersuchung der eben geschilderten Erscheinungen muss ich leider vorerst absehen, da meine Zeit anderweitig zu sehr in Anspruch genommen ist; ich würde mich freuen, wenn sie vielleicht von anderer Seite her aufgenommen und weiter verfolgt würden.

Nachtrag zur Sitzung vom 5. Juni 1880.

Herr G. Bauer sprach:

„Ueber eine Eigenschaft des geradlinigen Hyperboloids."

In einem der letzterschienenen Hefte des Crelle'schen Journals [1]) betrachtet Herr H. Vogt das besondere Hyperboloid, welches drei zu einander normale Erzeugende und mithin auch unendlich viele Tripel von Normalstrahlen enthält. Herr Vogt nennt dieses Hyperboloid ein „gleichseitiges" und beweist von demselben u. A. den Satz: Drei Normalstrahlen aus einer Regelschaar entnommen und die drei zu ihnen parallelen Strahlen der andern Regelschaar bestimmen ein rechtwinkliges Parallelepiped von constantem Volumen. Versucht man diesen Satz auf das allgemeine Hyperboloid zu übertragen, so gelangt man zu einem durch seine Einfachheit überraschenden Resultat.

Sei U ein geradliniges Hyperboloid, V eine andere Fläche 2. Ordnung, so erzeugen dieselben auf der unendlich entfernten Ebene zwei Kegelschnitte u und v. Enthält u ein Dreieck eingeschrieben, das zu v conjugirt ist, so gibt es nach einem bekannten Satze unendlich viele Dreiecke, die zu v conjugirt und u eingeschrieben sind; oder also: Enthält

---

1) Bd. 86 (1879) S. 297.

ein Kegel 2. Ordnung (Asymptotenkegel von U) drei Gerade, welche conjugirte Durchmesser einer andern concentrischen Fläche 2. Ordnung V sind, so gibt es unendlich viele Tripel solcher Geraden auf dem Kegel und zwar einfach unendlich viele; jede Erzeugende des Kegels ist Gerade eines solchen Tripels. Da nun die Geraden der einen und der andern Kegelschaar eines Hyperboloids zu den Erzeugenden des Asymptotenkegels parallel sind, so folgt: Enthält das Hyperboloid U drei Gerade einer Schaar, die zu drei conjugirten Durchmessern einer andern Fläche V parallel sind, so enthält das Hyperboloid unendlich viele solche Tripel, d. h. alle Geraden der einen Schaar (und der andern) lassen sich in solche Tripel zusammenfassen. Ein Tripel der einen Schaar und das ihm parallele der andern Schaar bilden sechs Kanten eines durch sie bestimmten Parallelepipeds.

Ist V eine Kugel, so ist U ein „gleichseitiges" Hyperboloid. Nun können wir aber ein solches Hyperboloid durch affine Transformation in irgend ein anderes geradliniges Hyperboloid überführen. Parallele Gerade des Hyperboloids transformiren sich hiebei wieder in parallele Gerade des neuen Hyperboloids und ein Tripel von Normalstrahlen transformirt sich in ein Tripel von Strahlen parallel zu einem Tripel conjugirter Durchmesser der aus V transformirten Fläche. Da bei dieser Transformation das Verhältniss der Volumina sich erhält, so folgt nach dem Satze von Herrn Vogt: Sind drei Gerade auf einem beliebigen Hyperboloid U parallel zu drei conjugirten Durchmessern einer Fläche V, so lassen sich die Geraden einer Regelschaar auf U in solche Tripel zusammenfassen, welche zu je drei conjugirten Durchmessern von V parallel sind; jedes solche Tripel von Geraden und die ihm parallelen der andern Schaar bilden sechs Kanten eines Parallelepipeds von constantem Volumen.

Nun ist aber zu bemerken, dass zu einem und demselben Dreieck ein ganzes Netz von Kegelschnitten v gehört, welche das Dreieck zum Polardreieck haben. Wählt man zwei beliebige Dreiecke, die einem Kegelschnitt eingeschrieben sind, so lassen sich dieselben immer als conjugirte Dreiecke eines bestimmten Kegelschnitts betrachten [2]. Zwei beliebige Tripel von Erzeugenden eines Kegels können mithin angesehen werden als zwei Tripel conjugirter Durchmesser einer bestimmten concentrischen Fläche 2. Ordnung und es sind also auch zwei beliebige Tripel von Erzeugenden einer Regelschaar auf einem Hyperboloid parallel zu zwei Tripel conjugirter Durchmesser einer Fläche 2. Ordnung; dann sind zugleich einfach unendlich viele solche Tripel in der Regelschaar des Hyperboloids enthalten.

Diess in Verbindung mit dem vorigen Satze ergibt, dass, wenn wir zwei beliebige Tripel einer Regelschaar wählen, jedes dieser Tripel mit den Parallelen der andern Schaar ein Parallelepiped von constantem Volumen bilden. Wir gelangen so zu dem ebenso einfachen als allgemeinen Satze, welcher auffallender Weise bisher nicht bemerkt worden zu sein scheint, nämlich:

Irgend drei Gerade einer Regelschaar auf einem beliebigen Hyperboloid und die drei zu ihnen Parallelen der andern Schaar bestimmen ein Parallelepiped von constantem Volumen.

Diese Eigenschaft kommt also nicht nur dem speciellen gleichseitigen Hyperboloid und auf diesem bestimmten Tripeln von Geraden zu, sondern gilt allgemein für jedes Hyperboloid und irgend drei Geraden auf demselben.

Dieses Resultat lässt sich leicht analytisch bewahrheiten. Ist

---

2) Chasles, Sect. con. Nr. 216. S. 141.

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}-\frac{z^2}{c^2}=1 \tag{1}$$

die Gleichung des Hyperboloids,

$$\left.\begin{aligned}\frac{x}{a}-\frac{z}{c}&=\lambda\left(1-\frac{y}{b}\right)\\ \frac{x}{a}+\frac{z}{c}&=\frac{1}{\lambda}\left(1+\frac{y}{b}\right)\end{aligned}\right\}\text{I}\qquad \left.\begin{aligned}\frac{x}{a}-\frac{z}{c}&=\mu\left(1+\frac{y}{b}\right)\\ \frac{x}{a}+\frac{z}{c}&=\frac{1}{\mu}\left(1-\frac{y}{b}\right)\end{aligned}\right\}\text{II}$$

die Gleichungen der beiden Regelschaaren auf demselben, so ergeben sich für den Durchschnittspunkt einer Geraden λ mit einer Geraden μ die Coordinaten

$$x=a\cdot\frac{\lambda\mu+1}{\lambda+\mu},\quad \eta=b\frac{\lambda-\mu}{\lambda+\mu},\quad z=-c\cdot\frac{\lambda\mu-1}{\lambda+\mu}.$$

Betrachten wir nun irgend ein windschiefes Viereck auf dem Hyperboloid, gebildet von den 4 Geraden λ_1, μ_2, λ_3, μ_4, (die Geraden der einen und der andern Schaar sind hier durch ihre Paramater bezeichnet), und sind A, B, C, D die Durchschnittspunkte je zwei aufeinanderfolgender dieser Geraden, O der Mittelpunkt des Hyperboloids, so ist das Volumen des Tetraeders O A B D

$$\frac{1}{6}\cdot\frac{abc}{(\lambda_1+\mu_2)(\mu_2+\lambda_3)(\lambda_1+\mu_4)}\begin{vmatrix}\lambda_1\mu_2+1 & \lambda_1-\mu_2 & \lambda_1\mu_2-1\\ \lambda_3\mu_2+1 & \lambda_3-\mu_2 & \lambda_3\mu_2-1\\ \lambda_1\mu_4+1 & \lambda_1-\mu_4 & \lambda_1\mu_4\quad 1\end{vmatrix}$$

$$=\frac{1}{3}\,abc\cdot\frac{(\mu_2-\mu_4)(\lambda_1-\lambda_3)}{(\lambda_3+\mu_2)(\lambda_1+\mu_4)} \tag{2}$$

Die Bedingung, dass eine Gerade μ der Geraden λ der andern Schaar parallel sei, ist

$$\mu=-\lambda.$$

Sind mithin λ_3 und μ_4 zwei parallele Gerade, so ist das Volumen des Tetraeders $=\frac{1}{3}\,abc$. Also: das Volumen

des Tetraeders gebildet von dem Mittelpunkt O, dem Durchschnitt irgend zweier Geraden λ, μ und den 2 Punkten, wo diese zwei Geraden von irgend zwei zu einander parallelen Geraden des Hyperboloids geschnitten werden, ist constant $= \frac{1}{3} abc$.

Das Parallelepiped gebildet von irgend drei Geraden λ_1, λ_2, λ_3 und ihren Parallelen der andern Schaar zerlegt sich in Tetraeder dieser Art und ihnen an Volumen gleiche, so dass das Volumen eines solchen Parallelepipeds

$$= 4 abc$$

sich ergibt.

Nebenbei zeigt die Formel 2), dass das Volumen des Tetraeders OABD nur abhängt von dem Doppelverhältniss der vier Parameter λ_1, $-\mu_2$, λ_3, $-\mu_4$. Sind mithin λ_2 und λ_4 die Parameter, der zu den Geraden μ_2 und μ_4 Parallelen der andern Schaar, so hängt das Volumen des Tetraeders nur von dem Doppelverhältniss der vier Geraden $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ ab, d. i. von der Grösse $\frac{\lambda_1 - \lambda_3}{\lambda_1 - \lambda_4} : \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2 - \lambda_4}$, die wir mit k bezeichnen wollen. Da sich der Werth dieses Doppelverhältnisses nicht ändert, wenn man λ_1, λ_2 mit λ_3, λ_4 vertauscht, so ersieht man, dass das Tetraeder OCBD das gleiche Volumen besitzt, also

$$\text{Tetr. } OABD = \text{Tetr. } OCBD = \frac{1}{3} abc \,.\, k.$$

Hält man die beiden Geraden λ_1, μ_2 fest, und ändert λ_3, μ_4, so verrücken sich die Punkte B, D auf λ_1 und μ_2, aber die zwei Tetraeder bleiben sich dem Volumen nach gleich, wie weit auch der Durchschnitt C von λ_3 und μ_4 hinausrücke. Hiebei ist zu bemerken, dass wenn C ins Unendliche rückt, indem die zwei Geraden λ_3, μ_4 parallel werden, zu-

gleich die Ebene der zwei Geraden durch den Mittelpunkt O geht, so dass das Volumen des Tetraeders O C B D in diesem Grenzfall den Ausdruck $o \cdot \infty$ annimmt; während die Grenze, welcher sich die Volumina der beiden Tetraeder hiebei nähern, $= \frac{1}{3}$ a b c ist, indem $k = 1$ wird.

Die beiden Tetraeder O A B C und O A D C sind ebenfalls gleich, aber der Anordnung der Geraden entsprechen hier die gleichen Doppelverhältnisse $(\lambda_1 \lambda_4 \lambda_3 \lambda_2)$ und $(\lambda_3 \lambda_2 \lambda_1 \lambda_4)$, deren Werth $= -\frac{k}{1-k}$ ist. Man hat also

$$\text{Tetr. } OABC = \text{Tetr. } OADC = -\frac{1}{3}\, a\, b\, c \frac{k}{1-k}$$

Hieraus ergibt sich sodann auch das Volumen des Tetraeders A B C D selbst, das von vier beliebigen Geraden des Hyperboloids bestimmt wird, nämlich

$$\text{Tetr. } ABCD = \frac{2}{3}\, a\, b\, c \left(k - \frac{k}{1-k}\right)$$
$$= -\frac{2}{3}\, a\, b\, c \frac{k^2}{1-k}$$

Dieser Ausdruck ändert sich nicht, ob man die Geraden des Vierecks in der einen oder der entgegengesetzten Richtung zählt, da bei Umkehr der Richtung nur k in $-\frac{k}{1-k}$ übergeht.

Sind die vier Geraden λ_1, λ_2, λ_3, λ_4 harmonisch, also $k = -1$, so hat auch dieses Tetraeder das Volumen $= \frac{1}{3}$ a b c.

Oeffentliche Sitzung

zur Vorfeier des Geburts- und Namensfestes Seiner Majestät des Königs Ludwig II.

am 28. Juli 1880.

Wahlen.

Die in der allgemeinen Sitzung am 23. Juni 1880 vorgenommene Wahl neuer Mitglieder erhielt die Allerhöchste Bestätigung und zwar:

A. Als Ausserordentliches Mitglied:

Dr. Emil Fischer, ausserordentlicher Professor an der Universität München.

B. Als Auswärtige Mitglieder:

1) Dr. Moriz Stern, ordentlicher Professor an der Universität Göttingen;

2) Wilhelm Gottlieb Hankel, ordentlicher Professor an der Universität Leipzig;

3) Gustav Wiedemann, ordentlicher Professor an der Universität Leipzig;

4) Dr. Julius von Sachs, ordentlicher Professor an der Universität Würzburg;

5) William Thomson, Professor in Edinburgh.

C. Korrespondirende Mitglieder:

1) Dr. Leo Königsberger, ordentlicher Professor an der Universität Wien;
2) Dr. Wilhelm Pfeffer, Professor in Tübingen;
3) Dr. Simon Schwendener, Professor in Berlin;
4) Dr. Eduard Suess, Professor an der Universität Wien.

Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

Von der Redaktion des Archivs der Mathematik in Greifswald:

Archiv der Mathematik und Physik. Theil 65. Leipzig 1880. 8°.

Von der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien:

Verhandlungen. Bd. 29. Jahrg. 1879. 1880. 8°.

Vom astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam:

Publicationen. Bd. I. 1879. 4°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Bern:

Mittheilungen aus dem Jahr 1878 und 1879. 1879—80. 8°.

Von der schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften in Bern:

Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. Jahrg. 1878 und 1879 mit Suppl. 1879. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein an der k. k. technischen Hochschule in Wien:

Berichte. IV. 1879. 8°.

Von der k. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig:

Berichte über die Verhandlungen. Mathem.-physik. Cl. 1879. 1880. 8°.

Von der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat:

Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands. I. Serie. Bd. VIII. Lief. 4. 1879. 8°.

Vom Verein der Mathematiker und Physiker in Prag:

Casopis. Vol. IX. 1879—80. 8°.

Von der Société des sciences de la Basse-Alsace in Strassburg:

Bulletin trimestriel. Tom. XIV. 8°.

Von der Videnskabs-Selskab in Christiania:

a. Enumeratio insectorum Norvegicorum fasc. V auctore H. Siebke defuncto ed J. Sparre Schneider. Pars. I. 1880. 8°.

b. Bidrag til kundskaben om Norges arktiske Fauna. I. Molluska. Af G. O. Sars. 1878. 8°.

Von der American Geographical Society in New-York:

Bulletin. 1880. 1879—80. 8°.

Vom Observatoire météorologique in Upsala:

Bulletin mensuel. Vol. XI. Année 1879. 1879—80. 4°.

Vom Departement of the Interior in Washington:

11th annual Report of the U. S. Geological Survey for the year 1877. 1879. 8°.

Von der Società dei Naturalisti in Modena:

Annuario. Anno XIV. disp. 1 e 2. 1880. 8°.

Von der R. Accademia dei Lincei in Rom:

Atti. Anno 276. 1878—79. Memorie. Classe di scienze fisiche. Vol. 3. 4. 1879. 4°.

Von der Société d'agriculture in Lyon:

Annales. V. Serie. 1878. Mit einem Atlas in folio. 1878 bis 80. 8°.

Von der Société Linnéenne in Lyon:

Annales. Année 1877. 1878. Tom. 24. 25. 1878. 8°.

Von der Académie des sciences in Lyon:

a. Mémoires. Classe des Sciences. Tom. 23. 1878—79. 8°.
b. Réforme de la Nomenclature botanique par Saint-Lager. 1880. 8°.

Von der Royal Institution of Great Britain in London:

Proceedings. Vol. IX. 1879. 8°.

Von der zoologischen Station in Neapel:

Mittheilungen. Bd. II. Leipzig. 1880. 8°.

Von der Meteorological Department of the Government of India in Calcutta:

Report on the Administration in 1878—79. 1879. fol.

Vom Meteorological Department of the Government of India in Calcutta:

Meteorological Registers. Febr. & March 1879. 1880. fol.

Vom Herrn Giuseppe Poggioli in Rom:

Lavori in opera di scienze naturali del già Professore Michelangelo Poggioli. 1880. 8°.

Von der Madame P. Marquise de Colbert Chabanais à Paris:

Oeuvres complètes de Laplace. Vol. I—III. 1878. 4°.

Sach-Register.

Namen-Register.



Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

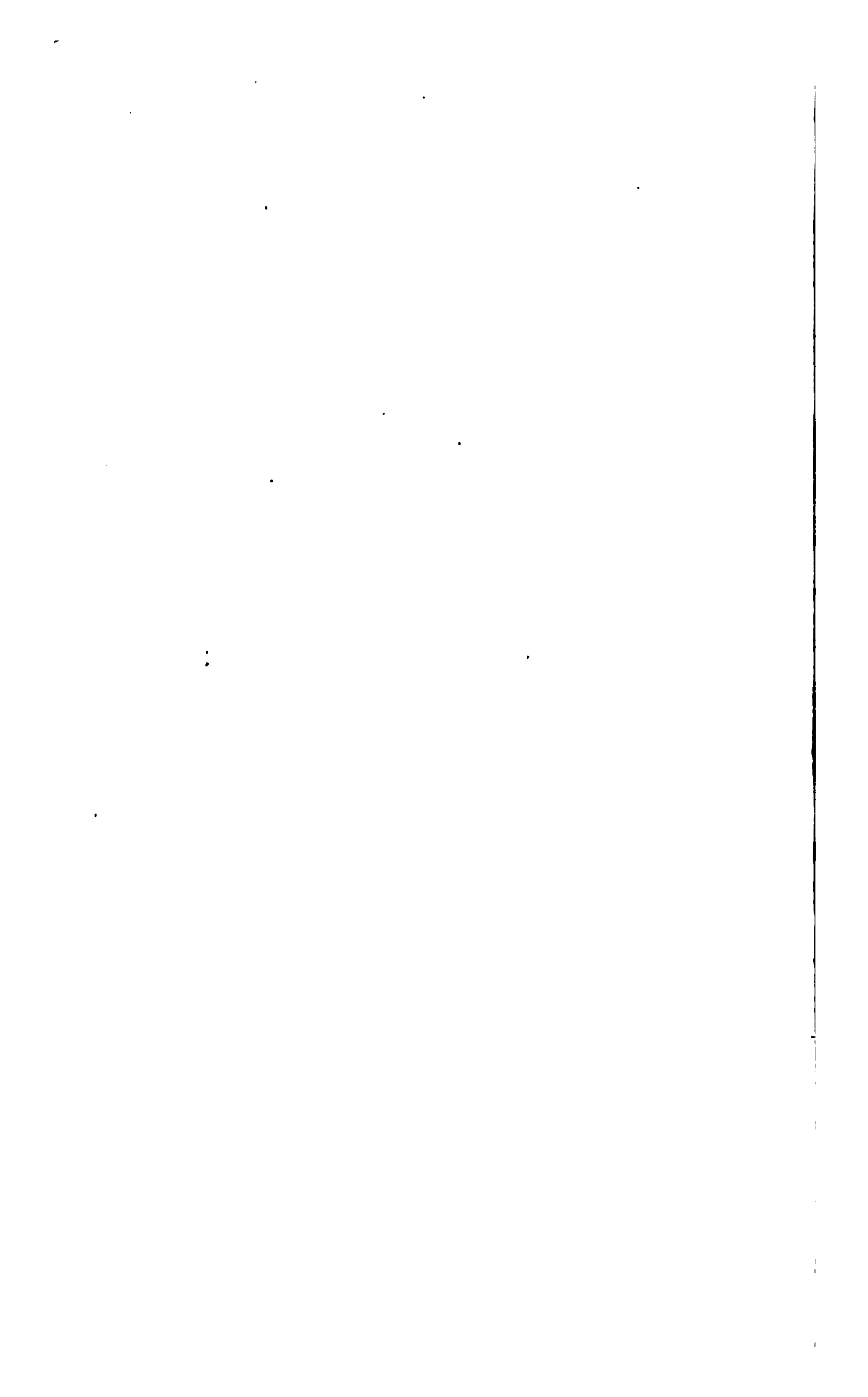
Band XI. Jahrgang 1881.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1881.

In Commission bei G. Franz.



Uebersicht
des Inhaltes der Sitzungsberichte Bd. XI Jahrgang 1881.

Oeffentliche Sitzung zur Feier des 122. Stiftungstages der Akademie am 28. März 1881.

Oeffentliche Sitzung zur Vorfeier des Geburts- und Namensfestes Seiner Majestät des Königs Ludwig II. am 25. Juli 1881.

Sitzung vom 6. November 1880.

Sitzung vom 4. December 1880.

Sitzung vom 8. Januar 1881.

Sitzung vom 5. Februar 1881.

Sitzung vom 5. März 1881.

Nachtrag zur Sitzung vom 5. Juni 1880.

Sitzung vom 5. März 1881.

Sitzung vom 11. Juni 1881.

Sitzung vom 9. Juli 1881.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 6. November 1880.

Herr Vogel hält einen Vortrag:

1) „Ueber Jodkaliumamylonnitrit.“

In einer früheren Abhandlung [1]) habe ich schon angegeben, dass die kalt bereitete Lösung von Stärkmehl, wie man sie erhält, wenn man weisse Oblaten mit kaltem Wasser übergiesst und einige Zeit stehen lässt, sich ganz besonders zu dem Vorlesungsversuche eignet, um die schnelle Entfärbung des Jodamylon's durch Erwärmen zu zeigen. Je nach der Concentration der Lösung tritt die Entfärbung bei + 72° C bis zu 90° C ein. Die blaue Farbe erscheint wieder, wenn man den Glaskolben, in welchem der Versuch ausgeführt worden, in kaltes Wasser eintaucht.

Die Entfärbung einer blauen Jodamylonlösung durch Erwärmen hängt allerdings, wie schon früher beobachtet, mit einer theilweisen Verflüchtigung des Jodes zusammen. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man über

1) Buchner's N. Repertorium für Pharm. 1874. Bd. 23 Heft 1 S. 3.

die in einem Glaskolben kochende Flüssigkeit ein mit Stärkekleister bestrichenes Papier bringt; es färbt sich sogleich blau.

Jodamylon wurde, um das Austreten des Jodes zu verhindern, in zugeschmolzenen Glasröhren theils im Lichte, theils im Dunkeln aufbewahrt. Durch den Einfluss des Sonnenlichtes verschwindet die Farbe in kurzer Zeit, hält sich im Dunkeln lange Zeit, verschwindet aber doch endlich. Die Entfärbung geht auch hier, ähnlich wie beim Erwärmen, schneller vor sich mit verdünnter, als mit concentrirter Lösung. Setzt man das Kochen so lange fort, bis ein über die Oeffnung des Kochkolbens gehaltenes Kleisterpapier nicht mehr reagirt, so tritt die blaue Färbung beim Abkühlen nicht mehr ein, durch Zusatz von Salpetersäure, Chlor u. s. w. wird die blaue Farbe indess wieder hervorgerufen. Es ist somit doch immer noch Jod mit Amylon in Verbindung vorhanden. Hiernach existirt offenbar eine farblose Jodamylonverbindung, welche mitunter geläugnet wird.

Eine besser haltbare Jodamylonlösung wird erhalten durch Versetzen einer Jodkaliumamylon-Nitritlösung mit etwas salpetriger Säure. Wenn man dieser auf angegebene Weise dargestellten Lösung, mit einigen Tropfen einer verdünnten Auflösung von Kaliumnitrit vermischt, etwas Salpetersäure zusetzt, so entsteht sogleich tiefblauschwarze Färbung. Diese verschwindet aber beim Erwärmen nicht, sondern erst nach längerem Kochen und nach dem Abrauchen erhält man unter starker Jodentwicklung eine farblose Flüssigkeit. Erst nachdem die blaue Flüssigkeit stark mit Wasser verdünnt worden, tritt die vollständige Entfärbung nahe dem Kochpunkte ein; die blaue Farbe erscheint aber sogleich wieder beim Abkühlen durch Eintauchen des Gefässes in kaltes Wasser. In dieser Weise ausgeführt eignet sich der Versuch besonders zu Demonstrationen in Vorlesungen.

Um Nitrite nachzuweisen, benützt man neben anderen auch deren Eigenschaft, aus Jodwasserstoffsäure Jod abzuscheiden oder mit Schwefelsäure angesäuert Jodkaliumstärke blau zu färben. Letztere Reaktion lässt sich auch gut benützen, um in Salpetersäure einen Gehalt an salpetriger Säure zu erkennen.

Nachstehende Versuche sind zu dem Zwecke angestellt worden, um zu ermitteln, wie sich überhaupt saure Flüssigkeiten zu nitrithaltigem Jodkaliumstärkekleister verhalten. Die Reaktionsflüssigkeit wurde in der Art hergestellt, dass man zu stark verdünntem Jodkaliumkleister so viel von einer Lösung reinen Kaliumnitrites zusetzte, dass in einer Probe davon ein paar Tropfen verdünnter Essigsäure sofort eine tiefdunkelblaue Färbung hervorbrachten. Als saure Flüssigkeiten benützte ich verdünnte Lösungen verschiedener anorganischer Säuren, einiger saurer Salze und ausserdem Harn, Milch und Bier.

Ein Tropfen verdünnter Schwefel-, Salz-, Salpeter- und Phosphorsäure, sowie von Lösungen der Oxal-, Essig-, Wein-, Milch-, Apfel-, Citronen- und Bernsteinsäure, selbst der Salicyl-, Milchzucker-, Benzoë-, Ameisen-, Fumar-, Butter- und Valeriansäure reichten hin, die blaue Reaktion hervorzubringen. Ebenso verhielten sich Lösungen von Weinstein, saurem oxulsaurem Kali (Kleesalz), saurem phosphorsaurem Natron. Kohlensäure, sowie sehr schwache oder schwer lösliche Säuren, wie Borsäure, krystallinische arsenige Säure, Harnsäure, Carbolsäure, Gerbsäure hatten keinen Einfluss; in gleicher Weise verhielten sich Milch, Harn und Bier.

Letztere Erscheinung musste zunächst befremdend sein, da doch frischer normaler Harn vorzugsweise wegen seines Gehaltes an saurem phosphorsaurem Natron und Bier neben dem Kohlensäuregehalte wegen freier Milchsäure deutlich sauer reagiren, trotzdem aber auf die Reaktionsflüssigkeit unwirksam bleiben, obwohl nach den vorerst angestellten

Versuchen Milchsäure und saures phosphorsaures Natron deutlich reagirten. Als der Versuch auch mit Pikrinsäure ausgeführt wurde, zeigte eine Lösung derselben ebensowenig Einfluss auf die nitrithaltige Jodkaliumamylonlösung; die tiefblaue Färbung trat jedoch augenblicklich ein, nachdem einige Krystalle von Pikrinsäure hinzugebracht worden. Es kömmt nämlich bei Hervorrufung der Reaktion auf den Grad der Verdünnung an, in welchem die Säuren oder sauren Salze gelöst enthalten sind und damit stimmt denn auch die beobachtete Thatsache überein, dass sehr schwache oder schwer lösliche Substanzen keine Wirkung äusserten.

Um mich von der Richtigkeit dieser Anschauung zu überzeugen, stellte ich in dieser Richtung einige Versuche an.

1 gramm englische Schwefelsäure (1,8 spec. Gew.) wurde mit einem Liter Wasser verdünnt. Ein Tropfen davon bewirkte sofort die Reaktion. Bei doppelter Verdünnung (1:2000) reagirten mehrere Tropfen der sauren Flüssigkeit deutlich in wenigen Secunden. Bei einer Verdünnung von 1 : 4000 äusserte selbst ein vierfaches Volumen der sauer reagirenden Flüssigkeit dem Jodkaliumpräparate zugesetzt keine Wirkung mehr. 1 gramm chemisch reine Salzsäure mit einem Liter Wasser verdünnt blieb ohne Wirkung; beim Verhältniss von 1 : 500 war die Reaktion deutlich. Chemisch reine Phosphorsäure im Verhältniss von 1 : 1000, von 1 : 500, sowie von 1 : 350 mit Wasser verdünnt gab keine Reaktion, dieselbe trat aber deutlich hervor bei einem Verdünnungsverhältniss von 1 : 250 nach dem Zusatze des dreifachen Volumens der verdünnten Säure. Verdünnte Oxalsäure im Verhältnisse von 1 : 2000 blieb selbst beim Zusatz des vierfachen Volumens unwirksam; beim Verhältniss von 1 : 1000 zeigte ein gleiches Volumen deutlich die Reaktion, ein doppeltes Volumen aber intensiv. Oxalsäure im Verdünnungsverhältniss von 1 : 500 gab beim Zusatz eines gleichen Volumens deutliche Reaktion, bei doppeltem Volumenzusatz

intensive Reaktion. Eine Verdünnung von 1 : 700 wirkte bei Zusatz eines dreifachen Volumens der Säure noch deutlich, bei der Verdünnung von 1 : 1000 entstand durch das fünffache Volumen keine Reaktion mehr.

Milchsäure reagirte bei einer Verdünnung von 1 : 100 im Zusatz einiger Tropfen deutlich, ebenso noch bei einer Verdünnung von 1 : 200. Von einer 1 : 500 verdünnten Säure musste man zur Hervorbringung einer deutlichen, aber später eintretenden Reaktion das doppelte Volumen zusetzen und bei einer Verdünnung von 1 : 800 blieb selbst ein Zusatz des sechsfachen Volumens auch nach längerer Zeit ohne Wirkung.

Diese Beispiele genügen, um darzuthun, dass zwar die meisten Säuren in ihren Verdünnungen noch auf Nitrite zersetzend wirken und somit auf Zusatz von Jodkaliumstärke Reaktion hervorrufen, dass es aber dabei stets auf die Natur und den Grad der Verdünnung der Säure ankomme. Beim Ansäuren von nitrithaltigen Flüssigkeiten dürfte sich daher zum Nachweise der salpetrigen Säure fast ausschliesslich Schwefelsäure empfehlen.

Um Nitrate in Nitriten zu entdecken — ein der Natur der Sache nach häufiges Vorkommen — ist die von Piccini angegebene Methode[2]) nach meinen Versuchen sehr geeignet. Man löst die zu untersuchende Substanz nebst einer genügenden Menge Harnstoff in Wasser auf und fügt diese Lösung nach und nach zu einer Auflösung von Harnstoff in verdünnter Schwefelsäure, wartet, bis die Zersetzung beendigt und fügt dann Jodkaliumamylon zu, wobei die Flüssigkeit farblos bleiben muss. Tritt aber, nachdem man ein Stückchen Zink zugefügt hat, Blaufärbung ein, so lässt diess die Anwesenheit von Salpetersäure erkennen.

Aus der Angabe dieser Verdünnungsgrade erklärt sich auch der Umstand, wesshalb Jodkaliumkleisternitrit zum

2) Zeitschrift für analytische Chemie. 19. Jahrgang H. III. S. 354.



Nachweise von Schwefelsäure oder Salzsäure in künstlichem kohlensauren Wasser, so wie zur Prüfung von Bier, Milch und Harn nicht tauglich erscheint.

Die Empfindlichkeit der Jodkaliumnitritlösung ist nicht so gross, als die einer gut bereiteten Lakmustinktur. Wie schon aus vorstehenden Versuchen sich ergibt, wird Lakmustinktur noch deutlich roth gefärbt von einer stark verdünnten Säurelösung, welche auf die Jodkaliumamylonnitritlösung nicht mehr wirkt. Da indessen nach meinen Angaben Kohlensäure keinen zersetzenden Einfluss auf Nitrite auszuüben vermag, so habe ich es versucht, Jodkaliumamylonnitrit als Indikator in der Alkalimetrie und Acidimetrie in Anwendung zu bringen. Bekanntlich prüft man künstliches kohlensaures Wasser auf einen Gehalt an Mineralsäuren durch einen Zusatz von Lakmustinktur. Die durch das kohlensaure Wasser jedenfalls geröthete Lakmustinktur muss durch Aufkochen ihre ursprüngliche Farbe wieder annehmen für den Fall, dass die Röthung ausschliesslich von Kohlensäure herrührt, welche beim Aufkochen entweicht, bleibt die rothe Farbe nach dem Aufkochen theilweise unverändert ohne ganz zu verschwinden, so dient diess zum Beweise der Gegenwart fremder nicht flüchtiger Säuren. Diese vorübergehende durch Einwirkung der Kohlensäure eintretende Röthung ergibt sich selbstverständlich auch bei der Werthbestimmung der Soda oder Pottasche durch Normalschwefelsäure, es muss durch öfteres Aufkochen der Punkt getroffen werden, wobei die rothe Farbe stabil bleibt. Da nun die Kohlensäure durchaus nicht auf die Jodkaliumamylonnitritlösung wirkt, so könnte diese Lösung ein einfaches Mittel zur Werthbestimmung der Carbonate gewähren. Man hätte dabei den Vortheil, öfteres Aufkochen unterlassen zu können. Es müsste durch weitere Versuche festgestellt werden, ob die geringere Empfindlichkeit dieses Reagens im Vergleiche mit Lakmustinktur kein Hinderniss in den Weg stellt.

---

2) „Ueber die Zusammensetzung des Zinnoxalates.“

In einer früheren Arbeit[3]) habe ich nachgewiesen, dass kleesaures Zinnoxydul auch nach längerem Erwärmen bei 100° C im trocknen Luftstrome hartnäckig Wasser zurückhält. Eine höhere Temperatur zum Trocknen anzuwenden, wird durch die leichte Zersetzbarkeit des Salzes, welche schon bei einer 100° C wenig überschreitenden Temperatur beginnt, völlig ausgeschlossen. Hiebei tritt ausserdem eine bedeutende Volumvermehrung ein, so dass auch bei vorsichtigstem Erwärmen in langen Glasröhren das Entführen einzelner Theilchen der Substanz, durch die entweichenden Gasarten unvermeidlich erscheint.

Erhitzt man Zinnoxalat, erhalten durch Fällung von Zinnchlorür mittelst freier Kleesäure oder kleesaurer Salze, nachdem es bei längerem Trocknen im Luftstrome keine Gewichtsabnahme mehr zeigte, in einem Proberohre behufs der Zersetzung, so zeigt sich stets ein Anflug von Wasser. Ob dieser Wassergehalt zur chemischen Constitution des Salzes gehöre oder ob es von demselben nur hygroskopisch hartnäckig zurückgehalten werde, glaubte ich damals (a. a. O.) nur auf dem etwas umständlichen Wege entscheiden zu können, dass ich denselben durch die quantitative Bestimmung der übrigen Bestandtheile aus der Differenz ableitete. Die prozentige Zusammensetzung hatte sich nach der direkten quantitativen Analyse zu

Zinnoxydul	63,9
Oxalsäure	33,5
Wasser	2,6

ergeben.

3) Beitrag zur Kenntniss der oxalsauren Salze. Abh. d. k. b. Akad. d. Wiss. II. Cl. VII. Bd. III. Abth. S, 670.

Berechnet man diese Zusammensetzung auf wasserfreies und auf wasserhaltiges Salz, d. h. mit 1 Aeq. Wasser, so ergibt sich aus dem Vergleiche beider Zusammensetzungen, indem das wasserhaltige Salz 7,8 proc. Wasser verlangt, mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass jener Anflug von Wasser nur von hygroskopischer Feuchtigkeit herrührte.

In neuerer Zeit ist es gelungen, ein vollkommen wasserfreies Salz durch direktes Trocknen herzustellen. Bei 100° C im Luftstrome so lange getrocknetes Salz, bis keine Gewichtsabnahme mehr stattfand, war längere Zeit über Schwefelsäure in einem wohlverschlossenen Trockenapparat auf dem Ofen gestanden, genauer gesagt, mehrere Monate des Winters hindurch vergessen worden. Dieses in solcher Weise getrocknete Salz zeigte nun beim Erhitzen in einem Proberohre behufs der Zersetzung über der Lampe durchaus keinen Anflug von Wasser mehr. Es ergiebt sich hieraus, dass das kleesaure Zinnoxydul entschieden als wasserfrei angesehen werden muss. Nach wenigen Tagen ausgebreitet der Luft ausgesetzt hatte das Pulver wieder so viel Wasser aufgenommen, dass sich beim Erhitzen über der Lampe im Glasrohre ein Wasseranflug zeigte.

Erhitzt man Zinnoxalat bei abgehaltenem Luftzutritt, so zerfällt die Kleesäure in Kohlensäure und Kohlenoxyd, es bleibt schwarzes Zinnoxydul zurück. Eine bekannte Eigenschaft dieses Zinnoxyduls ist es, dass es sich an der Luft entzünden lässt und dann wie Zunder fortbrennt, hierin abweichend von dem aus Eisenoxalat gewonnenen fein vertheiltem Eisenoxydul, welches bekanntlich frisch bereitet, sobald es mit atmosphärischer Luft in Berührung tritt, schon im kalten Zustande sich spontan entzündet und fortbrennt. Entzündet man das aus dem Zinnoxalat erhaltene schwarze Zinnoxydul mit einer Flamme, so verbrennt es langsam unter lebhaftem Erglühen zu Zinnoxyd.

Es musste schon bei meinen früheren Versuchen auf-

fallen, dass das aus verschiedenen Operationen erhaltene Zinnoxydul, wobei doch stets Rothglühhitze stattfand, immer noch Kohlensäure zurückgehalten hatte, wesshalb ich nochmals auf diesen Gegenstand zurückkomme. Wiederholt wurde aus Zinnoxalat Zinnoxydul dargestellt und in demselben ebenfalls stets Kohlensäure nachgewiesen. Behandelt man dieses Zinnoxydul mit Salzsäure, so tritt Gasentwicklung ein, jedoch sehr schwach und langsam, so dass sie allerdings wohl übersehen werden könnte. Die quantitative Kohlensäurebestimmung ergab den Kohlensäuregehalt zu 4 bis 5 proc. Da nun, wie schon früher nachgewiesen, bei der Zersetzung des Salzes der ganze entsprechende Gehalt an Kohlensäure als Gas erhalten wird, so muss somit die hier gefundene Kohlensäure offenbar als solche und nicht als Kohlenoxyd in dem Zinnoxydul vorhanden sein.

Nach Wiederaufnahme meiner früheren Versuche kann ich nur meine damals schon ausgesprochene Ansicht wiederholen, dass das Zurückbhalten jener mit der Basis durchaus in keinem äquivalenten Verhältniss stehenden Menge von Kohlensäure bei einer so hohen Temperatur in dem Zinnoxydul bedingt werde durch Annahme einer Contaktwirkung, wie solche im feinvertheilten Platin z. B. für Gase in so ausserordentlichem Grade thätig ist. —

Herr W. von Beetz sprach:

„Ueber die Elasticität und das electrische Leitungsvermögen der Kohle."

1. Elasticität.

Die Kohlenstäbe, welche gegenwärtig für die Zwecke der electrischen Beleuchtung gebraucht werden, zeigen ein so gleichmässiges Gefüge, dass es möglich ist, ihren Elasticitätsmodul auf akustischem Wege zu bestimmen. Ich wandte hierzu cylindrische Stäbe von E. Carré in Paris an. Die Stäbe wurden in ihrer Mitte zwischen zwei Fingern gehalten und dann ihrer Länge nach zwischen zwei mit Kolophonium eingeriebenen Fingern gestrichen. Der helle, reine Longitudinalton, welcher dadurch entstand, wurde durch Vergleich mit einer Königschen halbtönigen Stimmgabelserie bestimmt und zwar dadurch, dass der Stab solange verkürzt wurde, bis sein Ton mit einer der höheren Octaven eines der Stimmgabeltöne übereinstimmte.

Das specifische Gewicht der Stäbe war nicht in der ganzen Länge derselben das gleiche; es wurde desshalb von jedem Ende eines jeden Stabes ein ungefähr 6 cm langes Stück abgeschnitten, dessen specifisches Gewicht bestimmt, und das Mittel aus beiden Bestimmungen als die mittlere Dichtigkeit in Rechnung gebracht.

Es wurden acht Stäbe untersucht, drei derselben, VI, VII und VIII in verschiedenen Längen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Stäbe nach ihrer Dicke (in Milli-

metern gemessen), geordnet. Ihr specifisches Gewicht ist durch s, ihre Länge durch l (in Metern), die Tonhöhe ihres Longitudinaltones durch t (pariser Stimmung) und dessen Schwingungszahl durch n (ganze Schwingungen) ausgedrückt. Aus diesen gegebenen Grössen ist dann der Elasticitätsmodul E nach der Formel

$$E = \frac{4\,n^2\,l^2\,s}{g} \; \frac{\text{kgr}}{\text{q.mm}}$$

berechnet, wobei g = 9810 mm genommen ist.

Stab	d	s	l	t	n	E
I	2	1,631	0,531	ais_4	3686	2548
II	3	1,593	0,495	ais_4	3686	2162
III	3	1,564	0,400	c_5	4138	1747
IV	4,9	1,596	0,512	a_4	3480	2063
V	5	1,580	0,498	a_4	3480	1935
VI	5,2	1,590	0,498	a_4	3480	1947
			0,419	c_5	4138	1950
			0,294	fis_5	5852	1919
VII	10	1,547	0,505	g_4	3100	1546
			0,396	h_4	3906	1513
VIII	10	1,532	0,503	g_4	3100	1534
			0,375	c_5	4138	1506

Der Elasticitätsmodul dieser Stäbe wächst also mit der Dichte derselben und diese ist (der Regel nach) bei den dünneren Stäben eine grössere als bei den dickeren. Nur Stab III machte von dieser Regel eine merkliche Ausnahme. Der Ton der dünnen Stäbe änderte sich bei wiederholtem Streichen bedeutend in Folge der eintretenden Erwärmung. Durchschnittlich kommt der Elasticitätsmodul dieser Kohlenstäbe dem des Bleies gleich.

2. Leitungsvermögen.

Die absoluten Angaben über das Leitungsvermögen der Kohle bei gewöhnlicher Temperatur (resp. bei 0°) schwanken zwischen sehr weiten Grenzen, wie das nicht anders zu erwarten ist, da die unter den Namen Kohle und Graphit aufgeführten Körper häufig Gemische verschiedenster Art sind. Nur für die Retortenkohle stimmen die Ergebnisse welche verschiedene Beobachter erhalten haben, ziemlich gut mit einander überein. Da in den später veröffentlichten Arbeiten die früheren zum Theil übersehen worden sind, so stelle ich die mir bekannten Messungen hier zusammen, sämmtlich überrechnet auf das specifische Leitungsvermögen des Quecksilbers = 1.

Matthiessen[1]	Schrader[2]	Beetz[3]	Auerbach[4]	Siemens[5]
		Graphit:		
0,00412 bis 0,00242		0,00455		
		Bunsensche Batteriekohle:		
0,00177		0,00017 bis 0,0138		
		Retortenkohle:		
0,0236	0,0167 bis 0,0087	0,0110 bis 0,0288	0,0159 bis 0,0130	0,0136

Ungleich grösseres Interesse als diese absoluten Angaben hat die Frage nach der Veränderlichkeit des electrischen Leitungsvermögens der Kohle mit der Temperatur gewonnen.

1) Pogg. Ann. 103 p. 431 (1858).
2) Göttinger Nachr. 1875 p. 325.
3) Pogg. Ann. 158 p. 655 (1876).
4) Göttinger Nachr. 1879 p. 209.
5) Berl. Monatsb. 1880 p. 10.

Die Thatsache, dass mit steigender Temperatur dieses Leitungsvermögen zunimmt, wie das von Electrolyten, wurde zuerst von A. Matthiessen[6]) beobachtet, bald darauf von mir[7]) bestätigt. Meine hierauf bezügliche Angabe ist von meinem Freunde Siemens[8]) nicht ganz richtig aufgefasst worden: derselbe sagt, ich hätte jene Thatsache für künstliche Kohle, nicht aber für Retortenkohle bestätigt gefunden. Meine Worte aber sind: „Unter den vielen Kohlenstücken, welche ich prüfte, fand ich übrigens eins, dessen Leitungsfähigkeit sich beim Erwärmen fast garnicht veränderte, ein anderes, dessen Leitungsfähigkeit beim Erwärmen sogar etwas abnahm.“ Es handelte sich nur um einzelne Exemplare solcher Retortenkohle, nicht um die ganze Species der Retortenkohlen, und ich bin überzeugt, dass auch diese scheinbaren Ausnahmen nur secundären Umständen zuzuschreiben waren, denn auch später habe ich bei den verschiedensten Kohlensorten nur Zunahme des Leitungsvermögens mit der Temperatur beobachtet.

Messende Versuche über den Betrag dieser Veränderung des Leitungsvermögens der Kohle liegen vor von Matthiessen, Borgmann[9]), Auerbach und Siemens.

Im Laufe des vorigen Winters, also noch ehe mir die Siemenssche Arbeit bekannt war, hatte ich durch meinen ersten Assistenten, Herrn Kemlein, Messungen über die Widerstandsveränderung in sehr gleichförmigen für die Zwecke der electrischen Beleuchtung gefertigten Kohlenstäben von Carré in Paris ausführen lassen und später hat derselbe diese Messungen ausgedehnt auf zwei verschiedene Stäbe aus Retortenkohle, welche von Duboscq

6) a. a. O. p. 432.

7) Pogg. Ann. 111. p. 119 (1860).

8) a. a. O. p. 1.

9) Journal der russ. phys. chem. Gesellschaft 9., p. 163; Beibl. 1877, p. 288.

ebenfalls für den Gebrauch in electrischen Lampen bezogen worden waren. Die untersuchten Stäbe waren an beiden Enden verkupfert, die dicken kupfernen Zuleitungsdrähte an diese Kupferkappen angelöthet. Die Erwärmung geschah in einem Luftbade, wie es Magnus in seiner Arbeit über die Ausdehnung der Luft beschrieben hat.[10]) Die Temperatur erreicht in demselben eine sehr constante Höhe, freilich erst nach längerem Heizen; dieselbe ist in den folgenden Tabellen durch t bezeichnet. Der Widerstand w der Stäbe wurde mittelst einer Siemensschen Brücke gemessen; in den unten angegebenen Zahlen ist der Widerstand der Zuleitungsdrähte schon in Abrechnung gebracht. Als Ausgangstemperatur diente in allen drei Fällen 19°, so dass dt den Unterschied der gemessenen Temperatur von 19° bezeichnet. $\triangle$ ist die für diesen Temperaturunterschied beobachtete Widerstandsabnahme, $\triangle_1$ die daraus berechnete Widerstandsabnahme für 1° und c der Coëfficient dieser Abnahme au den ursprünglichen Widerstand = 1 bezogen.

Die Versuche ergaben anfangs unregelmässige Abnahme des Widerstandes bei zunehmender Temperatur, zuweile sogar Zunahmen. Der Grund dieser Erscheinung war wo der, dass die Kohlen noch nicht ganz trocken waren. Nac dem dies durch längeres Erhitzen erreicht war, wurd folgende Zahlen gefunden:

I. Kohle von Carré.

Länge = 116 mm. Querschnitt = 3,06 q.mm. Spec. Ge = 1,615.

t	w	dt	$\triangle$	$\triangle_1$	c
12	1,465				
99	1,425	80	0,038	0,00047	0,000
107	1,421	88	42	48	
96	1,427	77	36	47	

10) Pogg. Ann. 57 p. 185 (1842).

t	w	dt	△	$△_1$	c
137	1,410	118	53	45	31
13	1,465				
99	1,425	80	38	47	32
106	1,422	87	41	47	32
100	1,425	81	38	47	32
138	1,409	119	54	46	32
156	1.399	137	64	47	32
19	1,463	0			
68	1,441	22	22	44	30
71	1,436	27	27	52	35

Mittel c = 0,000321

II. Grobkörnige Retortenkohle.

Länge = 151 mm. Querschnitt = 26,4 q.mm. Spec. Gew. = 1,913.

t	w	dt	△	$△_1$	c
18	0,1837				
[illegible]4	0,1810	55	0,0026	0,000047	0,00026
[illegible]6,5	0,1809	57,5	27	47	26
[illegible]7	0,1809	58	27	46	25
[illegible]3,5	0,1773	114,5	58	51	28
[illegible]	0,1778	115	58	50	27
[illegible]3	0,1757	154	79	51	28
[illegible]7	0,1740	178	96	54	29
[illegible]	0,1836	0			
[illegible]	0,1809	54	27	50	27
[illegible]	0,1807	58	29	50	27
[illegible]	0,1805	60	31	52	29
[illegible]	0,1805	61	31	51	28
[illegible]	0,1779	111	57	51	28
[illegible]8	0,1780	107	56	52	28

Mittel c = 0,000285

Feinkörnige Retortenkohle.

Länge = 122 mm. Querschnitt = 33,9 q.mm. Spec. Gew. = 1,900.

t	w	dt	Δ	Δ_1	c
15	0,1554				
91	0,1520	72	0,0034	0,000047	0,00030
93	0,1519	44	35	47	30
141	0,1490	122	64	52	33
189	0,1457	170	97	57	36
184	0,1476	175	78	45	29
184	0,1576	175	78	45	29
15,5	0,1553				
64,5	0,1536	45,5	19	40	26
66	0,1536	47	19	39	25
119	0,1510	100	44	44	28
17,5	0,1555				
85,5	0,1525	66,5	29	43	27
84	0,1526	65	28	43	27
152	0,1504	133	50	38	25
19	0,1554	0			

Mittel c = 0,000287

Was die von Auerbach mitgetheilten Versuche betrifft, denen zufolge das Leitungsvermögen mit zunehmender Temperatur abnehmen soll, so hat Siemens bereits nachgewiesen, dass diese Angabe nur durch secundäre Umstände veranlasst sein kann. Es bleiben also nur die Versuchsergebnisse von Matthiessen, Borgmann, Siemens und Kemlein zu vergleichen. In welcher Weise Borgmann die Leitungsdrähte an den Kohlen befestigte, ist aus dem (von ihm selbst für die Beiblätter verfassten) Referate das mir allein zugänglich war, nicht zu ersehen. Die anderen drei Beobachter hatten die Vorsicht gebraucht, die Enden

r Kohlenstäbe zu verkupfern. Die zu den Versuchen von
Kemlein verwandten Stäbe von Retortenkohle waren
mlich dick, ihr absoluter Widerstand also gering; deshalb
immen die einzelnen Beobachtungen unter einander nicht
gut überein, wie die am Carréschen Kohlenstabe ange-
llten. Ich stelle die gefundenen Temperaturcoëfficienten
r zusammen:

	Matthiessen	Siemens	Kemlein
rtenkohle	0,00245	0,000345	0,000285
			0,000287
nstliche Kohle		0,000301	0,000321

	Borgmann
Holzkohle	0,00370
Anthracit	0,00265
Graphit	0,00082
Coke	0,00026

Die Angaben von Siemens, von Kemlein und die
Borgmann, welche sich auf Coke beziehen, stimmen
nahe unter einander überein, während die von Mat-
essen und die übrigen von Borgmann herrührenden
grössere Werthe ergeben. Alle Beobachtungen aber
ätigen die Zunahme des Leitungsvermögens mit der
peratur.

Was die Ursache dieser Zunahme betrifft, so habe ich
20 Jahren versucht, dieselbe aufzufinden.[11]) Der Um-
d, dass Metalloxyde, deren Structur der der Kohle ähn-
ist (z. B. Braunstein), nach Meidinger[12]) ganz
lbe Erscheinung zeigen, veranlasste mich, diese Er-
inung eben aus der Structur zu erklären. Ich nahm

11) Pogg. Ann. III p. 619 (1860).
12) Dingl. pol. J. 148 p. 364 (1860).

an, dass durch die Erwärmung Gruppen von Molecülen sich inniger an einander drängen und dadurch den ganzen Körper zu einem besseren Leiter machen; durch Versuche mit Metallpulvern (Platinschwamm) die bei höherer Temperatur sich ebenfalls in bessere Leiter verwandeln, suchte ich meine Erklärung zu stützen. Diese Erklärung hat ein komisches Schicksal gehabt. Exner[13]) schreibt sie Matthiessen zu, sogar mit Citirung der Stelle, an welcher sie stehen soll; Auerbach[14]) findet, dass sie da nicht steht, und schliesst daraus, dass sie wohl Exner selbst zuzuschreiben sein dürfte. Was die Erklärung selbst betrifft, so hat Borgmann Zweifel gegen deren Zulässigkeit erhoben, weil die Widerstandszunahme im dichten Graphit grösser sei, als im porösen Coke, und Siemens hat sie auf Retortenkohle nicht anwendbar gefunden, weil diese nicht als ein zusammengebackenes Kohlenpulver, sondern als eine homogene Masse zu betrachten sei. Der Versuch ergab überdiess, dass solche Kohle auch durch starkes Pressen kein besserer Leiter wurde. Auch Naccari und Pagliani[15]) fanden, dass Kohlenstäbe durch Druck ihren Widerstand nur wenig änderten, während Ferrini[16]) an allen Stäben aus gepresster Kohle, namentlich an solchen von Carré, eine Widerstandsabnahme bei zunehmendem Drucke beobachtete und zwar eine um so beträchtlichere, je weniger dicht und hart die Kohlen waren. Siemens hat deshalb für die Widerstandsabnahme der Kohle mit der Temperatur eine andere Erklärung gegeben. Er vergleicht ihr Verhalten mit dem des Selens, dessen Leitungswiderstand ebenfalls mit steigender Temperatur abnimmt; eine Erscheinung, welche Hittorf[17]) aus einem

---

13) Wiener Sitzungsb. 16. März 1876 p. 1.
14) Göttinger Nachr. 1879 p. 269.
15) N. Cimento (3) 7 p. 120 (1880).
16) ebend. (3) 6 p. 53 (1879).
17) Pogg. Ann. 84 p. 214 (1851).

Uebergange des Selens in eine allotrope Modification erklärt hat. Einen gleichen Grund nimmt Siemens für das Auftreten derselben Erscheinung bei der Kohle an. Zugegeben, dass diese Erklärung für die Kohle zutreffend sei, so ist sie es gewiss nicht für die Metalloxyde, die doch ein ganz ähnliches Verhalten zeigen. Ich habe mich zunächst von dem Betrage überzeugt, welchen der Abnahmecoëfficient des Widerstandes bei einem solchen Oxyde, dem Mangandioxyde, hat. Ein Pyrolusitstab wurde an beiden Enden verkupfert, dann wurden, wie oben, kupferne Leitungsdrähte an die Enden angekupfert. Der Stab wurde dann im Luftbade erwärmt und sein Widerstand wurde bei verschiedenen Temperaturen untersucht. Als Anfangstemperatur für die Beobachtungen galt diesmal 20°. Mit Anwendung der vorher gebrauchten Bezeichnungen wurde Folgendes gefunden:

Pyrolusit.

t	w	dt	Δ	Δ_1	c
18	27,25				
84	21,60	64	5,50	0,0859	0,00317
100,2	20,60	80,2	6,50	815	301
125	19,20	10,5	7,90	735	271
64	23,50	44,5	3,60	819	302
136,5	18,50	116,5	8,60	738	272
179	15,05	159	12,05	758	280
138	17,70	118	9,40	797	294
= 20	27,45	0			
79	21,55	59	5,55	941	347
60	23,20	40	3,90	945	359
140	17,35	120	9,75	812	300
159	16,20	139	10,90	784	290
52	24,03	32	3,05	953	352
21,4	27,00				

Mittel c = 0,00307

Der Abnahmecoëfficient steht also für Pyrolusit zwischen denen, welche Borgmann für Holzkohle und für Anthrazit gefunden hat. Für die auch bei diesem Metalloxyde mit Regelmässigkeit auftretende Widerstandsabnahme werden wir gewiss eine ähnliche Erklärung nicht gelten lassen können, wie sie für Selen und Kohle vorgeschlagen worden ist. Sollte also die früher von mir für Kohle und Metalloxyde gemeinschaftlich vorgeschlagene Erklärung auch hier nicht angenommen werden (und das muss consequenter Weise geschehen), so müssen wir uns abermals nach einer neuen umsehen. Ich habe mich früher bemüht, nachzuweisen, dass alle festen Körper, welche durch Erwärmen zu besseren Electricitätsleitern werden, electrolytisch leiten.[18]) Das geschah zu einer Zeit, zu welcher das Verhalten der Metalloxyde noch nicht bekannt war; dieselben blieben also ganz aus der Betrachtung. Jetzt habe ich nun auch den Pyrolusit in dieser Richtung untersucht. Um einen Pyrolusitstab an Electroden aus edlem Metall zu befestigen, versuchte ich, seine Enden zu vergolden, was mir aber nicht gelang. Ich umwickelte deshalb die Enden fest mit dünnem ausgeglühtem Platindraht, der dann an die zuleitenden Kupferdrähte gelöthet wurde. Stab und Platinumwicklung wurden dann in ein Sandbad gebracht, auf 120° erhitzt und wieder abgekühlt. Wurde jetzt der Strom einer vierpaarigen Chromsäurebatterie mittelst einer Wippe bald in einer, bald in entgegengesetzter Richtung durch den Stab geleitet und dann durch Umschlagen der Wippe die Verbindung der Platinelectroden mit der Galvanometerleitung hergestellt, so zeigten sich jedesmal Spuren einer, im richtigen Sinne eintretenden Polarisation, offenbar von geringen Feuchtigkeitsmengen herrührend, welche der Sand aus der (sehr feuchten) Luft aufgenommen hatte. Wurde nun das Sandbad wieder erhitzt

18) Pogg. Ann. 92 p. 452 (1854).

und der vorige Versuch bei verschiedenen Temperaturen wiederholt, so wurden regelmässig Ausschläge nach ein und derselben Seite erhalten, ohne Rücksicht auf die Richtung des Batteriestromes. In einer Versuchsreihe dieser Art wurden folgende erste Ausschläge und folgende ständige Ablenkungen des Galvanometerspiegels erhalten:

Temperatur	Stromrichtung	Ausschlag	Ablenkung
40°	+	+ 6	+ 3,5
	—	+ 6	+ 3,5
60°	+	+ 12	+ 7,5
	—	+ 12,5	+ 7,5
200°	+	+ 6	+ 3,8
	—	+ 6	+ 3,8
250°	+	+ 9,6	+ 6,1
(steigend)	—	+ 9,8	+ 6,2
	+	+ 9,9	+ 6,3
	—	+ 10,2	+ 6,7

Von der Temperatur 200° an war das Galvanometer durch Auseinanderziehen der Multiplicatoren unempfindlicher gemacht, weil die Ausschläge zu gross wurden.

Die mitgetheilten Zahlen zeigen durchaus nichts vom Vorhandensein einer Polarisation; die Unabhängigkeit der Ablenkungen von der Stromrichtung beweist, dass man es nur mit einem Thermostrom zu thun hat und das Gleichbleiben der ersten Ausschläge zeigt, dass auch keine rasch vorübergehende Polarisation vorhanden war.

In einem anderen Versuche wurde ein sehr kurzes Pyrolusitstück (15 mm lang) aus einem längeren Stabe herausgebrochen. Dadurch wurde die Verschiedenartigkeit der beiden Enden vermindert. Bei empfindlichster Stellung des Galvanometers wurde erhalten;

Temperatur	Stromrichtung	Ausschlag	Ablenkung
250°	+	+ 8	+ 4,5
	—	+ 8	+ 4,5
	0	+ 8	+ 4,5
150°	+	+ 4,5	+ 3
	—	+ 4,5	+ 3
	0	+ 4,5	+ 3

Der Thermostrom war hier geringer, und blieb ganz derselbe, auch wenn garkein Batteriestrom durch den Pyrolusit geleitet worden war. Dieser Körper zeigt also keine Polarisation und leitet daher nicht als Electrolyt.

Es ist selbstverständlich, dass ich für meine ältere Hypothese keine grössere Bedeutung beanspruchen kann, als eben die einer Hypothese. Ich glaube aber doch, dieselbe noch immer aufrecht erhalten zu können, bis sie durch eine bessere ersetzt ist; denn ich kann mir nicht vorstellen, dass die Kohle, sei es gepresste oder Retortenkohle wirklich eine so durch und durch homogene Substanz sei, wie Herr Siemens meint. Auf eine solche würde die Hypothese natürlich keine Anwendung finden, da von einem Aneinanderdrängen von Molecülgruppen da nicht die Rede sein kann. Man könnte vielleicht gerade aus der Thatsache, dass Kohlenstäbe so reine Longitudinaltöne liefern, auf ihr gleichförmiges Gefüge schliessen; aber Holzstäbe geben ebenso reine Töne, und Niemand wird deren Gefüge für ein so gleichmässiges wie das eines Metalles halten. Mir scheint immer noch, als sei das gleichartige Verhalten der Kohle und der Metalloxyde deren ähnlicher, nicht homogener Structur zuzuschreiben.

Herr von Jolly spricht über eine eingeschickte Abhandlung des Herrn H. Schröder:

„Ueber eine Reihe von Thatsachen, die Ausdehnung von Flüssigkeiten durch die Wärme betreffend."

§ 1. Für eine grössere Zahl von Flüssigkeiten sind seit 1847 zuerst von Pierre, dann von H. Kopp Messungen über die Ausdehnung derselben durch die Wärme ausgeführt worden. Diesen reihten sich später weitere Untersuchungen von Pierre und Puchot und neuestens auch solche von Thorpe an.[1]) Diese Beobachtungen enthalten eine Reihe sehr lehrreicher Thatsachen über die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme oder ihre Contraction durch Abkühlung vom Siedepunkt ab, die ich weder von den Autoren der Beobachtungen selbst, noch von sonst einer Seite her vorgehoben finde.

Ich habe sie aus einem zweifachen Grunde einer ausführlichen Untersuchung unterworfen. Sie führen einerseits im Zusammenhang mit den Siedepunkten und Volumen zu sehr wesentlichen theoretischen Aufschlüssen über

1) Die Kopp'schen Beobachtungen finden sich in Pogg. Annal. Phys. Chem. Bd. 72 und in Liebigs Annal. Chem. Pharm. Bd. 94, 95 und 98. Die Pierre'schen in Annal. Ch. Phys. [3] Bd. 15, 19, 20, 21, 31 und 33. Diejenigen von Pierre und Puchot Ann. Chem. Phys. [4] Bd. 22, 28 und 29. Die Thorpe'schen in dem Journal of the Chemical Society für 1880.

das Verhalten der Körper und namentlich über das Walten des Sterengesetzes (§ 26 bis 29); andererseits sind sie von praktischer Bedeutung für eine Reihe anderweiter Untersuchungen (§ 25). Die erwähnten Ausdehnungsbeobachtungen sind in der Art ausgeführt und durch Interpolationsformeln wiedergegeben, dass sich das Volum bei Kochhitze berechnen lässt, wenn das bei 0° oder bei mittlerer Temperatur durch Dichtigkeitsbestimmung beobachtet ist, und dass sich das Volum für bestimmte Temperaturabstände vom Kochpunkt berechnen lässt, wenn das beim Kochpunkt gleich 1,0000 gesetzt wird.

Ich lege überall lediglich die von den betreffenden Forschern wirklich beobachteten und auf 760 mm Druck reducirten Siedepunkte, und die für diese Siedepunkte aus den Dichtigkeits- und Ausdehnungs-Messungen der betreffenden Beobachter sich berechnenden Molecularvolume, die ich kurz Volume nenne, zu Grunde. Demnächst berechne ich die Zusammenziehungen oder Contractionen, welche eine Flüssigkeit erleidet, wenn sie von ihrem Siedepunkt ab um 50° C abgekühlt wird, und gebe diese Contractionen bei allen folgenden Untersuchungen, obwohl in Zehntausendtheilen des Volums bei Kochhitze berechnet, doch nur in Tausendtheilen an, weil verschiedene Beobachtungen für die nämliche chemische Verbindung schon in den Tausendtheilen nicht immer völlig übereinstimmen. Wenn also z. B. geschrieben wird:

Bromantimon = $SbBr_3$. S = 275°,4 K . v = 114,6 K . C = 44 K.

so heisst das: das Bromantimon hat nach Kopp's Beobachtungen den Siedepunkt 275°,4, hat bei diesem Siedepunkt das Volum 114,6 und eine Contraction von 44 Tausendtheilen dieses Volums, wenn es vom Siedepunkt ab um 50° abgekühlt wird.

Eine Beobachtung von Kopp bezeichne ich als solche kurz durch Nebenansetzung des Buchstaben K; der nebenstehende Buchstabe P., oder P.P. oder Th bezeichnet ebenso, dass eine Beobachtung von Pierre, oder von Pierre und Puchot, oder von Thorpe herrührt. In einigen Fällen, für Substanzen von niederem Siedepunkte, habe ich die Contraction nur für 35⁰ oder 40⁰ berechnet, und bezeichne, dass dann durch C_{35} oder C_{40}; während C für sich dann immer die Contraction für 50⁰ bedeutet.

§ 2. An anderer Stelle, und zwar in dem demnächst erscheinenden Heft 14 der Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, und in einem der nächsterscheinenden Hefte von Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie habe ich über die Volumconstitution flüssiger Verbindungen eine Reihe sehr bemerkenswerther Thatsachen und theoretischer Gesetzmässigkeiten mitgetheilt, auf welche ich mich hier mehrfach berufen muss, und ich füge dann l. c. bei.

Damit das Folgende verständlich wird, muss ich Einige der Resultate, zu welchen ich gelangt bin, hier kurz reproduciren.

Ich weise l. c. nach, dass die Volume der Componenten und beziehungsweise der Elemente jeder Verbindung in einfachen Verhältnissen stehen, d. h. sich als Multipla mit einfachen ganzen Zahlen von irgend einer Raumgrösse, dem Massvolum, das ich die Stere nenne, ausdrücken lassen. Ich bezeichne die Atomzahl mit einer ganzen Zahl rechts unten neben dem Zeichen eines Elementes, die Sterenzahl, mit welcher dieses Element in der Verbindung enthalten ist, mit einer ganzen Zahl rechts oben neben dem Zeichen des Elementes. Dabei bezieht sich das Volum, wenn nichts Anderes angegeben wird, selbstverständlich immer auf den Kochpunkt. Wenn also z. B. geschrieben wird:

Bromaethyl = $C_2{}^2 H_5{}^5 Br_1{}^4$. v = 78,4 P. = 11 × $\overline{7,13}$;
so heisst das: Für das Bromaethyl berechnet sich nach Pierre's Beobachtungen das Molecularvolum beim Kochpunkt v = 78,4; jedes Atom Kohlenstoff und Wasserstoff im Aethyl = $C_2 H_5$ nimmt den Raum einer Stere ein; das Bromatom hat eine Raumerfüllung von vier Steren; das Bromaethyl selbst also von eilf Steren: und die Stere oder das Volummass des Bromaethyls ist $\overline{7,13}$. Diese Zahl 7,13 bezeichnet Cubikcentimeter, wenn die Atomgewichte in Grammen ausgedrückt sind. Die Atomgewichte sind so angenommen, wie sie in dem Jahresberichte der Chemie für 1878 aufgeführt sind.

§ 3. Obwohl ich auf den l. c gegebenen Nachweis der Volumconstitution der am zahlreichsten untersuchten Verbindungsklassen, wie der Alkohole, Aldehyde und Ketone, der Säuren, der Aetherarten und der Halogenverbindungen der Alkoholradicale der Fettreihe, welche nur einwerthig verbundene Kohlenstoffatome enthalten, hier nicht näher eingehen kann, so führe ich diese Volumconstitution im Nachfolgenden doch an, weil sie im Zusammenhang mit den Siedepunkten und Contractionen, wie schon erwähnt, zu wichtigen theoretischen Schlüssen führt, dann aber auch, weil sich diese Volumconstitution durch ihre überaus grosse Einfachheit auszeichnet, und schon dadurch sich als ein erwünschter Ausdruck der in der Natur waltenden Gesetzmässigkeit zu erkennen gibt.

Die Steren der Kohlenverbindungen bei Kochhitze sind, wie ich l. c nachweise, nicht völlig gleich, aber sie schwanken in gesetzmässiger Weise nur in den engen Grenzen 6,8 bis 7,4 etwa. Die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff erfüllen den nämlichen Raum einer Stere überall da, wo sie nach den jetzt üblichen

Structurformeln an einwerthige Elemente oder Gruppen, oder an mehrwerthige doch nur einwerthig gebunden sind. Es nimmt desshalb jedes Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atom der Alkoholradicale der Fettreihe den Raum Einer Stere ein.

Auch der zweiwerthige Sauerstoff, an zwei einwerthige Elemente oder Gruppen gebunden, wie im Hydroxyl, in den Alkoholen, im Aether u. s. w. nimmt den Raum Einer Stere ein. Dagegen ist der an ein vierwerthiges Kohlenstoffatom zweiwerthig gebundene Sauerstoff in CO, also in den Aldehyden, Ketonen, Säuren und deren Aetherarten, in den doppelten Raum ausgedehnt; er ist darin als O_1^2 enthalten.

Im Carboxyl $= CO.OH = C_1^1 O_1^2 O_1^1 H_1^1 = C_1^1 O_2^2 H_1^1$, also in den Säuren und zusammengesetzten Aetherarten nehmen demnach die zwei Atome Sauerstoff den Raum von drei Steren ein.

Das Erwähnte genügt vorerst zum Verständniss aller der Verbindungen, deren Volumconstitution ich im Folgenden zugleich mit ihrer Contraction vorlegen werde.

§ 4. Für isomere Körper weise ich l. c. nach: Siedepunkt und Volummaass einer Säure ist etwas grösser, als Siedepunkt und Volummaass der dieser Säure isomeren Aetherart. Ich setze die Volumconstitution, wie ich sie l. c. entwickle, das Volum beim Kochpunkt, und das Volummaass oder die Stere hier hin, und stelle die Contraction daneben:

1. Essigsäure $= C_2^2 H_4^4 O_2^3 . v = 63,4\,K = 9 \times \overline{7,04} . C_{35} = 42\,K.$
Ameisensaures Methyl $= C_2^2 H_4^4 O_2^3 . v = 63,1\,K = 9 \times \overline{7,01} . C_{35} = 50\,K.$

2.

Propionsäure = $C_3{}^3 H_6{}^6 O_2{}^3$ = v = 85,9 K = 12 × $\overline{7{,}16}$. C = 61 K.
v = 86,0 P.P. = 12 × $\overline{7{,}17}$. C = 59 bis 60 P.P.

Ameisensaures Methyl = $C_3{}^3 H_6{}^6 O_2{}^3$ = v = 84,7 K = 12 × $\overline{7{,}06}$. C = 69 K.
v = 85,4 P. = 12 × $\overline{7{,}12}$. C = 70 P.

Essigsaures Methyl = $C_3{}^3 H_6{}^6 O_2{}^3$ = . v = 83,9 K = 12 × $\overline{6{,}99}$. C = 70 K.

3.

Normalbuttersäure = $C_4{}^4 H_8{}^8 O_2{}^3$. v = 108,0 P. = 15 × $\overline{7{,}19}$. C = 60 P.

Ameisensaures Propyl = $C_4{}^4 H_8{}^8 O_2{}^3$. v = 106,9 P.P. = 15 × $\overline{7{,}13}$. C = 68 P.P.

Essigsaures Aethyl = $C_4{}^4 H_8{}^8 O_2{}^8$. v = 107,4 K = 15 × $\overline{7{,}16}$. C = 71 K.
v = 107,7 P. = 15 × $\overline{7{,}18}$. C = 71 P.

4.

Isovaleriansäure = $C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_2{}^3$. v = 130,4 K = 18 × $\overline{7{,}24}$. C = 63 K.
v = 130,6 P.P. = 18 × $\overline{7{,}26}$. C = 56 bis 57 P.P.

Isobuttersaures Methyl = $C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_2{}^3$. v = 127,1 K = 18 × $\overline{7{,}06}$. C = 71 K.
v = 128,3 P.P. = 18 × $\overline{7{,}13}$. C = 72 P.P.

Ausnahmslos ist die Contraction des Aethers etwa $^7/_6$ mal so gross als die Contraction der isomeren Säure. Ausnahmslos ist das Volummaass oder die Stere der Säure etwas grösser.

§ 5. Ich weise l. c. desgleichen nach: Siedepunkt und Stere einer N o r m a l v e r b i n d u n g ist etwas grösser, als Siedepunkt und Stere der i s o m e r e n I s o v e r b i n d u n g. Thorpe hat aus seinen eigenen Beobachtungen ebenfalls schon richtig entnommen, dass das Volum der Normalverbindung etwas grösser ist. Hier weise ich nach, dass die C o n t r a c t i o n der N o r m a l v e r b i n d u n g stets die k l e i n e r e ist. Die vergleichbaren Beobachtungen sind:

1. { Normalbuttersäure $= C_4{}^4 H_8{}^8 O_2{}^3 . v = 108{,}0$ P. $= 15 \times \overline{7{,}19} . C = 60$ P.
Isobuttersäure $= C_4{}^4 H_8{}^8 O_2{}^3 . v = 106{,}7$ K $= 15 \times \overline{7{,}11} . C = 62$ K.
$v = 106{,}5$ P.P. $= 15 \times \overline{7{,}10} . C = 63$ P.P.

2. { Normalbuttersaures Aethyl $= C_6{}^6 H_{12}{}^{12} O_2{}^3 . v = 150{,}8$ P. $= 21 \times \overline{7{,}18}$. C $= 69$ P.
Isobuttersaures Aethyl $= C_6{}^6 H_{12}{}^{12} O_2{}^3 . v = 149{,}7$ K $= 21 \times \overline{7{,}12}$. C $= 71$ K.

3. { Normales Heptan $= C_7{}^7 H_{16}{}^{16} . v = 162{,}9$ Th. $= 23 \times \overline{7{,}08} . C = 69$ Th.
Aethylamyl $= C_7{}^7 H_{16}{}^{16} . v = 162{,}3$ T. $= 23 \times \overline{7{,}05} . C = 70$ Th.

4. { Normales Octan $= C_8{}^8 H_{18}{}^{18} . v = 186{,}9$ Th. $= 26 \times \overline{7{,}19} . C = 70$ Th.
Diisobutyl $= C_8{}^8 H_{18}{}^{18} . v = 185{,}5$ Th. $= 26 \times \overline{7{,}13} . C = 70$ Th.
$v = 184{,}8$ K $= 26 \times \overline{7{,}10} . C = 70$ K.

§ 6. Für intermediäre Aetherarten ist l. c. constatirt, dass die Aetherart mit kleinerem Atomgewicht der Säure einen etwas höheren Siedepunkt, wie schon Linnemann bewiesen[2]), und ein etwas grösseres Volum, also Volummaass hat. Dem höheren Siedepunkt und Volummaass entspricht nun auch die kleinere Contraction. Die Beobachtungen sind:

1. { Ameisensaures Aethyl $= C_3{}^3 H_6{}^6 O_2{}^3 . v = 84{,}7$ K $= 12 \times \overline{7{,}06} . C = 69$ K.
$v = 85{,}4$ P. $= 12 \times \overline{7{,}12} . C = 70$ P.
Essigsaures Methyl $= C_3{}^3 H_6{}^6 O_2{}^3 . v = 83{,}9$ K $= 12 \times \overline{6{,}99} . C = 70$ K.

2. { Essigsaures Propyl $= C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_2{}^3 . v = 129{,}5$ P.P. $= 18 \times \overline{7{,}19} . C = 71$ P.P.
Propionsaures Aethyl $= C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_2{}^3 . v = 126{,}7$ K $= 18 \times \overline{7{,}04} . C = 72$ K.
$v = 128{,}6$ P.P. $= 18 \times \overline{7{,}13} . C = 73$ P.P.

---

2) Annal. Chem. Pharm. Bd. 162 S. 39.

3. { **Ameisensaures Isobatyl** $= C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_2{}^3$. v = 130,9 P.P. = $18 \times \overline{7,27}$. C = 66 P.P.
Isobuttersaures Methyl $= C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_2{}^3$. v = 127,1 K = $18 \times \overline{7,06}$. C = 71 K.
v = 128,3 P.P. = $18 \times \overline{7,13}$. C = 72 P.P.

4. { **Essigsaures Isobatyl** $= C_6{}^6 H_{12}{}^{12} O_2{}^3$. v = 149,1 P.P. = $21 \times \overline{7,10}$. C = 68 P.P.
Isobuttersaures Aethyl $= C_6{}^6 H_{12}{}^{12} O_2{}^3$. v = 149,7 K = $21 \times \overline{7,13}$. C = 71 K.

5. { **Propionsaures Isobatyl** $= C_7{}^7 H_{14}{}^{14} O_2{}^3$. v = 175,0 P.P. = $24 \times \overline{7,29}$. C = 68 P.P.
Isobuttersaures Propyl $= C_7{}^7 H_{14}{}^{14} O_2{}^3$. v = 174,4 P.P. = $24 \times \overline{7,24}$. C = 70 P.P.

6. { **Essigsaures Isoamyl** $= C_7{}^7 H_{14}{}^{14} O_2{}^3$. v = 175,4 K = $24 \times \overline{7,31}$. C = 69 K.
Isovaleriansaures Aethyl $= C_7{}^7 H_{14}{}^{14} O_2{}^3$. v = 174,4 P.P. = $24 \times \overline{7,28}$. C = 69 P.P.

7. { **Isobuttersaures Isoamyl** $= C_9{}^9 H_{18}{}^{18} O_2{}^3$. v = 221,7 P.P. = $30 \times \overline{7,39}$. C = 68 P.P.
Isovaleriansaures Isobatyl $= C_9{}^9 H_{18}{}^{18} O_2{}^3$. v = 217,8 P.P. = $30 \times \overline{7,26}$. C = 63 P.P.

Für essigsaures Isobatyl (4) haben Pierre und Puchot wohl ein etwas zu kleines Volum, für Isovaleriansaures Isobatyl (7) einen zu niedrigen Siedepunkt und eine zu kleine Contraction erhalten. Ausnahmslos ist sonst mit dem höheren Siedepunkt das grössere Volummaass und die kleinere Contraction verbunden.

§ 7. Für die vorgelegten Isomerieen von Normalverbindungen und Isoverbindungen (§ 5), und

ebenso von intermediären Aetherarten (§ 6) liegen sich Siedepunkte, Volummaass und Contraction stets sehr nahe; gleichwohl ist eine gesetzmässige Verschiedenheit derselben durch die Beobachtungen völlig sicher gestellt. Diese gesetzmässige Verschiedenheit ist aber um so fester und sicherer begründet, als sie sich völlig übereinstimmend in dreierlei verschiedenen physikalischen Eigenschaften ausspricht: im Siedepunkt, im Volum, und in der Contraction. Für alle 3 Arten von Isomerieen (§ 4, 5, 6) gilt völlig das gleiche Gesetz: der flüchtigeren Verbindung entspricht das kleinere Volummaass, und die grössere Contraction. Das gleiche Gesetz gilt auch noch für die Isomerie:

Aceton $= C_3^3 H_6^6 O_1^2 . v = 77,4 K = 11 \times \overline{7,04} . S = 56^0,3 K . C = 72 K.$
Propylaldehyd $= C_3^3 H_6^6 O_1^2 . v = 75,0 P.P. = 11 \times \overline{6,82} . S = 46^0 P.P. .$
$C = 78 P.P.$

Der flüchtigeren Verbindung entspricht auch hier die kleinere Stere und die grössere Contraction.

Das Volummaass betreffend lässt sich der Satz gleichwohl nicht auf andere Isomerieen, deren Glieder ganz verschiedenen chemischen Gruppen angehören, ausdehnen.

§ 8. Ganz allgemein bestätigt sich jedoch der zuerst von Pierre ausgesprochene Satz, dass der flüchtigeren Verbindung die grössere Contraction entspricht. Die bis jetzt noch nicht erwähnten, und den Satz gleichwohl bestätigenden Isomerieen sind:

1. **Allylalkohol** $= C_3 H_6 O . S = 96^0,6 Th . C = 59 Th.$
Aceton $= C_3 H_6 O . S = 56^0,3 K . C = 72 K.$

2. { **Anilin** = $C_6 H_5 N H_2$. S = 183°,7 Th . C = 49 K . C = 51 Th.
   Picolin = $C_6 H_7 N$. S = 133°,5 Th . C = 57 Th.

3. { **Isobutylalkohol** = $C_4 H_{10} O$. S = 180° P.P. . C = 62 P.P.
   Aether = $C_4 H_{10} O$. S = 35°,7 P. . C = 76 P.

4. { **Aethylenchlorid** = $C_2 H_4 Cl_2$. S = 83°,5 Th . 2 = 61 Th.
   Aethylidenchlorid = $C_2 H_4 Cl_2$. S = 59°,9 Th . C = 67 Th.

5. { **Dem Acetyltrichloridisomer** = $C_2 H_3 Cl_3$. S = 140° P. . C = 50 bis 60 P.
   Acetyltrichlorid = $C_2 H_3 Cl_3$. S = 74°,8 P. . C = 67 P.

Ausnahmslos hat das höhersiedende Glied eines isomeren Paares auch die kleinere Contraction.

§ 9. Für die Halogenverbindungen des Phosphors, Arsens und Antimons habe ich l. c. nachgewiesen, dass die Siedepunctsdifferenz entsprechender Paare abnimmt, die Volumdifferenz aber zunimmt, wenn man vom Phosphor-Paar zum Arsen- und Antimon-Paar, oder wenn man vom Chlor- zum Brom- und Jod-Paar übergeht. Das Volummaass wächst also bei diesen Verbindungen mit dem Atomgewicht der entsprechenden Triaden-Elemente. Eine völlig analoge Gesetzmässigkeit spricht sich in den Contractionen aus.

Für Antimon, Arsen und Phosphor hat man die Relationen:

1. { **Bromantimon** = $Sb Br_3$. C = 44 K.
   Bromphosphor = $P Br_3$. C = 47 P.

2. { **Chlorantimon** = $Sb Cl_3$. C = 47 K.
   Chlorarsen = $As Cl_3$. C = 54 P. . C = 54 Th.
   Chlorphosphor = $P Cl_3$. C = 63 P. . C = 60 Th.

Es ist hier also mit dem höheren Atomgewicht der Elemente Phosphor, Arsen und Antimon das grös-

sere Volummaass und die kleinere Contraction verbunden.

§ 10. Die nämliche gesetzmässige Beziehung stellst sich in Bezug auf die Elemente Fluor, Chlor und Brom heraus für die Paare:

1. { Bromantimon = $Sb\,Br_3$. C = 44 K.
   Chlorantimon = $Sb\,Cl_3$. C = 47 K.

2. { Chlorarsen = $As\,Cl_3$. C = 54 P.. C = 54 Th.
   Fluorarsen = $As\,Fl_3$. C = 67 Th.

3. { Bromphosphor = $P\,Br_3$. C = 47 P.
   Chlorphosphor = $P\,Cl_3$. C = 63 P.. C = 60 Th.

4. { Bromsilicium = $Si\,Br_4$. C = 47 P.
   Chlorsilicium = $Si\,Cl_4$. C = 74 P.. C = 70 Th.

Wie man sieht, nimmt die Contraction ab, wenn man vom Fluorid zum Chlorid und Bromid übergeht.

Auch hier stehen dreierlei physikalische Eigenschaften in übereinstimmender gesetzmässiger Beziehung: Siedepunct, Volum und Ausdehnung durch die Wärme.

Ich mache noch auf die Thatsache aufmerksam, dass die Contractionen von Bromphosphor und Chlorantimon völlig gleich sind. Sie findet weiter unten ein Analogon.

§ 11. Für die Halogenverbindungen der Alkoholradicale habe ich l. c. die nämlichen gesetzmässigen Beziehungen constatirt. Die Siedepunctsdifferenzen entsprechender Paare nehmen ab, die Volumdifferenzen nehmen zu, wenn man vom Chlor-Paar zum Brom- und Jod-Paar übergeht. Das Volummaass wächst also mit dem Atomgewicht des Triadenelementes Chlor, Brom, Jod. Ich füge die l. c. abgeleitete Volumconstitution dieser Verbindungen bei, welche dadurch gegeben ist, dass in den

Alkoholradicalen jedes Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atom den Raum Einer Stere, das Chlor den Raum von drei Steren, das Brom von vier, das Jod von fünf Steren erfüllt.

Auch hier entspricht die dritte physikalische Eigenschaft, die Ausdehnung durch die Wärme: dem grösseren Volummaass kommt die kleinere Contraction zu. Es ist beobachtet:

1.
- **Jodisoamyl** $= C_5^5 H_{11}^{11} J_1^5 . v = 158,8$ K $= 21 \times \overline{7,56}$. C = 58 K.
- **Bromisoamyl** $= C_5^5 H_{11}^{11} Br_1^4 . v = 149,2$ P. $= 20 \times \overline{7,46}$. C = 62 bis 63 P.
- **Chlorisoamyl** $= C_5^5 H_{11}^{11} Cl_1^3 . v = 136,9$ KP. $= 19 \times \overline{7,21}$. C = 66 P.

2.
- **Jodisobutyl** $= C_4^4 H_9^9 J_1^5 . v = 129,2$ P.P. $= 18 \times \overline{7,18}$. C = 58 bis 59 P.P.
- **Bromisobutyl** $= C_4^4 H_9^9 Br_1^4 . v = 122,9$ P.P. $= 17 \times \overline{7,23}$. C = 64 P.P.
- **Chlorisobutyl** $= C_4^4 H_9^9 Cl_1^3 . v = 113,4$ P.P. $= 16 \times \overline{7,09}$. C = 68 P.P.

Das Volum des Jodisobutyls ist von Pierre und Puchot ohne Zweifel etwas zu klein beobachtet.

3.
- **Jodpropyl** $= C_3^3 H_7^7 J_1^5 . v = 107,9$ P.P. $= 15 \times \overline{7,19}$. C = 62 P.P.
- **Brompropyl** $= C_3^3 H_7^7 Br_1^4 . v = 100,3$ P.P. $= 14 \times \overline{7,16}$. C = 66 bis 67 P.P.
- **Chlorpropyl** $= C_3^3 H_7^7 Cl_1^3 . v = 91,6$ P.P. $= 13 \times \overline{7,05}$. C = 68 P.P.

4.
- **Jodaethyl** $= C_2^2 H_5^5 J_1^5 . = 86,0$ P. $= 12 \times \overline{7,17}$. C = 60 P.
- **Bromaethyl** $= C_2^2 H_5^5 Br_1^4 . v = 78,4$ P. $= 11 \times \overline{7,13}$. C = 67 P.
- **Chloraethyl** $= C_2^2 H_5^5 Cl_1^3 . v = 71,2$ P. $= 10 \times \overline{7,12}$. C = 71 P.

Die entsprechenden Methylverbindungen sind nicht im reinen Zustande auf ihre Ausdehnung durch die Wärme geprüft.

Stets nimmt die Contraction ab, wenn man vom Chlorid zum Bromid und Jodid übergeht; das Volummaass oder die Stere nimmt zu.

§ 12. Dass die Contraction abnimmt, wenn man von der Chlor- zur Brom- und Jod-Verbindung übergeht, bestättigt sich auch bei den nachfolgenden Paaren, deren Volumconstitution und Volummaass ich übrigens hier vorerst unerörtert lassen muss.

1. { **Aethylenchlorjod** = $C_2 H_4 Cl J$. C = 52,8 Th.
Aethylenbromid = $C_2 H_4 Br_2$. C = 53 P. C = 54 Th.
Aethylenchlorid = $C_2 H_4 Cl_2$. C = 61 P. C = 61 Th.

Aethylenbromid und Aethylenchlorjod scheinen gleiche Contraction zu haben.

2. { **Phosphorylbromchlorid** = $P O Br Cl_2$. C = 55,4 Th.
Phosphorylchlorid = $P O Cl_3$. C = 55,4 Th.

3. { **Bromoform** = $C H Br_3$. C = 52 Th.
Chloroform = $C H Cl_3$. C = 63 P. C = 64 Th.

4. { **Trichlorbrommethan** = $C Br Cl_3$. C = 58 Th.
Tetrachlormethan = $C Cl_4$. C = 63 bis 64 P. C = 63 Th.

Dieses Abnehmen der Contraction mit dem Wachsen des Atomgewichts tritt aber doch nur dann regelmässig ein, wenn die betreffenden Elemente einer homologen Reihe angehören. Für Zinn und Titan z. B. scheint diess nicht der Fall zu seyn, denn es ist beobachtet:

Zinnchlorid = $Sn Cl_4$. C = 64 P. C = 63,5 Th.
Titanchlorid = $Ti Cl_4$. C = 55 Th.

Hier ist die Contraction des Zinnchlorids die grössere, obwohl sein Atomgewicht das grössere ist; aber auch der Siedepunct des Titanchlorids liegt höher.

§ 13. Ganz dasselbe Gesetz stellt sich für entsprechende Schwefel- und Sauerstoff-Verbindungen heraus. Ich habe l. c. nachgewiesen, dass die Siedepunctsdifferenz

zweier Sauerstoffverbindungen grösser, die Volumdifferenz kleiner ist, als für die entsprechenden Schwefelverbindungen. Das Volummaass der Schwefelverbindung ist daher das grössere, die Contraction ist kleiner als für die entsprechende Sauerstoffverbindung.

Die Volumconstitution der folgenden beiden ersten Paare ergiebt sich aus der nun bekannten Volumconstitution der Alkoholradicale, und der l. c. ermittelten Thatsache, dass der an einwerthige Elemente oder Gruppen oder an mehrwerthige einwerthig gebundene Sauerstoff Eine Stere, der ebenso gebundene Schwefel aber drei Steren Raumerfüllung hat. Volumconstitution und Stere des dritten Paares lasse ich hier vorerst unerörtert.

Die vergleichbaren Thatsachen sind:

1. Isoamylmercaptan $= C_5^5 H_{11}^{11} . S_1^3 H_1^1 . v = 140{,}1\ K = 20 \times \overline{7{,}01} .$ $C = 61\ K.$

   Isoamylalkohol $= C_5^5 H_{11}^{11} . O_1^1 H_1^1 . v = 123{,}3\ K = 18 \times \overline{6{,}85} . C =$ 63 bis 64 K.

2. Schwefelaethyl $= C_2^2 H_5^5 S_1^3 . C_2^2 H_5^5 . v = 121{,}5\ P. = 17 \times \overline{7{,}15} . C = 68\ P.$

   Aether $= C_2^2 H_5^5 O_1^1 . C_2^2 H_5^5 . v = 106{,}2\ K = 15 \times \overline{7{,}08} . C = 76$ ungefähr.

3. Thiophosphorylchlorid $= P . S\ Cl_3 . C = 55\ Th.$

   Phosporylchlorid $= P . O\ Cl_3 . C = 60\ Th.$

Stets ist das Volummaass der Schwefelverbindung das grössere, die Contraction die kleinere. Das Volummaass nimmt also, wie in allen vorausgehenden Gruppen, mit dem Atomgewicht zu, die Contraction nimmt ab.

§ 14. Es ist zunächst eine interessante Frage, ob die gleiche gesetzmässige Beziehung auch gültig ist für die

Alkoholradicale Methyl, Aethyl und Propyl, dann Isobutyl und Isoamyl; ob also in analogen Verbindungen derselben die Stere mit dem Atomgewicht des Alkoholradicals wächst, die Contraction abnimmt.

Es bestättigt sich zunächst für die Halogenverbindungen der Alkoholradicale Isobutyl und Isoamyl. Man hat:

1. Jodisobutyl $= C_4^4 H_9^9 J_1^5 . v = 129,2$ P.P. $= 18 \times \overline{7,18} . C = 56$ bis 59 P.P.
   Jodisoamyl $= C_5^5 H_{11}^{11} J_1^5 . v = 158,8$ K $= 21 \times \overline{7,56} . C = 58$ K.

2. Bromisobutyl $= C_4^4 H_9^9 Br_1^4 . v = 122,9$ P.P. $= 17 \times \overline{7,23} . C = 64$ P.P.
   Bromisoamyl $= C_5^5 H_{11}^{11} Br_1^4 . v = 149,2$ P. $= 26 \times \overline{7,46}$ $C = 62$ bis 63 P.

3. Chlorisobutyl $= C_4^4 H_9^9 Cl_1^3 . v = 113,4$ P.P. $= 16 \times \overline{7,09} . C = 68$ P,P.
   Chlorisoamyl $= C_5^5 H_{11}^{11} Cl_1^3 . v = 136,9$ K P. $= 19 \times \overline{7,21} . C = 66$ P.

Es bestättigt sich in gleicher Weise für die Isobuttersäure und Isovaleriansäure und die entsprechenden Aetherarten dieser Säuren. Man hat:

1. Isobuttersäure $= C_4^4 H_8^8 O_2^8 . v = 106,7$ K $= 15 \times \overline{7,11} . C = 62$ K.
   $v = 106,5$ P.P. $= 15 \times \overline{7,10} . C = 63$ P.P.
   Isovaleriansäure $= C_5^5 H_{10}^{10} O_2^8 . v = 130,4$ K $= 18 \times \overline{7,24} . C = 63$ K.
   $v = 130,6$ P.P. $= 18 \times \overline{7,26} . C =$ 56 bis 57 P.P.

2. Isobuttersaures Methyl $= C_5^5 H_{10}^{10} O_2^3 . v = 127,1$ K $= 18 \times \overline{7,06} . C = 71$ K.
   $v = 128,8$ P.P. $= 18 \times \overline{7,13} . C = 72$ P.P.
   Isovaleriansaures Methyl $= C_6^6 H_{12}^{12} O_2^3 . v = 149,6$ K $= 21 \times \overline{7,12} . C = 68$ K.
   $v = 149,8$ P.P. $= 21 \times \overline{7,13} . C = 68$ P.P.

3. Isobuttersaures Aethyl $= C_6{}^6 H_{12}{}^{12} O_2{}^2 . v = 149{,}7\,K = 21 \times \overline{7{,}13} . C = 71\,K.$
$v = 151{,}9\,P.P. = 21 \times \overline{7{,}23} . C = 69\,P.P.$

Isovaleriansaures Aethyl $= C_7{}^7 H_{14}{}^{14} O_2{}^2 . v = 174{,}7\,P.P. = 24 \times \overline{7{,}28} . C = 69\,P.P.$

4. Isobuttersaures Isobutyl $= C_8{}^8 H_{16}{}^{16} O_2{}^2 . v = 199{,}9\,P.P. = 27 \times \overline{7{,}40} . C = 71\,P.P.$

Isovaleriansaures Isobutyl $= C_9{}^9 H_{18}{}^{18} O_2{}^2 . v = 217{,}8\,P.P. = 30 \times \overline{7{,}26} . C = 63\,P.P.$

Hier ist ohne Zweifel Volum und Contraction des isovaleriansauren Isobutyls nicht genau bestimmt, auch das Volum des isobuttersauren Isobutyls wohl etwas zu gross erhalten.

5. Isobuttersaures Isoamyl $= C_9{}^9 H_{18}{}^{18} O_2{}^2 . v = 221{,}7\,P.P. = 30 \times \overline{7{,}39} . C = 67\,P.P.$

Isovaleriansaures Isoamyl $= C_{10}{}^{10} H_{20}{}^{20} O_2{}^2 . v = 244{,}6\,K = 63 \times \overline{7{,}41} . C = 67\,K.$
$v = 245{,}7\,P.P. = 33 \times \overline{7{,}45} . C = 65\,P.P.$

Die Contractionen, obwohl sie sich stets sehr nahe liegen, entsprechen doch ausnahmslos der Regel. Wenn das Volummaass des vierten Paars nicht entspricht, so kommt diess unzweifelhaft nur auf Rechnung ungenauer Beobachtungen. Man hat noch das Paar:

6. Isobuttersaures Propyl $= C_7{}^7 H_{14}{}^{14} O_2{}^2 . v = 174{,}4\,P.P. = 24 \times \overline{7{,}27} . C = 70\,P.P.$

Isovaleriansaures Propyl $= C_8{}^8 H_{16}{}^{16} O_2{}^2 . v = 198{,}6\,P.P. = 27 \times \overline{7{,}36} . C = 74\,P.P.$

In diesem sechsten Paar widerspricht die Contraction; aber ich zweifle, ob die von Pierre und Puchot untersuchten Prophylätherarten rein genug gewesen sind.

Die Regel bestättigt sich auch für

Isobutylaldehyd $= C_4{}^4 H_8{}^8 O_1{}^2 . v = 96{,}3$ P.P. $= 14 \times \overline{6{,}88} . C = 76$ P.P.
Isoamylaldehyd $= C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_1{}^2 . v = 118{,}6$ K $= 17 \times \overline{6{,}98} . C = 68$ K.
$v = 118{,}7$ P.P. $= 17 \times \overline{6{,}98} . C = 70$ P.P.

Dagegen muss ich es in Frage stellen, ob sie auch für die entsprechenden A l k o h o l e gültig ist. Die Beobachtungen sind:

Isobutylalkohol $= C_4{}^4 H_9{}^9 O_1{}^1 H_1{}^1 . v = 102{,}3$ P P. $= 15 \times \overline{6{,}83} . C = 62$ P.P.
Isoamylalkohol $= C_5{}^5 H_{11}{}^{11} O_1{}^1 H_1{}^1 v = 123{,}6$ K $= 18 \times \overline{6{,}87} . C = 63$ K.
$v = 122{,}8$ P. $= 18 \times \overline{6{,}82} . C = 61$ P.

§ 15. Die allgemeine Regel, dass mit dem höheren Atomgewicht das grössere Volummaass und die kleinere Contraction verbunden ist, bestättigte sich für die Alkoholradicale Isobutyl und Isoamyl in ihren Halogenoverbindungen, ihren Säuren, den diesen Säuren entsprechenden Aetherarten, und in ihren Aldehyden.

Vergleichen wir nun die Essigsäure und Propionsäure und ihre Aetherarten, so hat man:

1. **Essigsäure** $= C_1{}^1 H_3{}^3 C_1{}^1 O_1{}^2 . O_1{}^1 H_1{}^1 v = 63{,}4$ K $= 9 \times \overline{7{,}04} . C = 59$ K.
Propionsäure $= C_2{}^2 H_5{}^5 C_1{}^1 O_1{}^2 . O_1{}^1 H_1{}^1 v = 85{,}9$ K $= 12 \times \overline{7{,}16} . C = 61$ K.
$v = 86{,}0$ P.P. $= 12 \times \overline{7{,}17}\ C = 59$ bis 60 P.P.

2. **Essigsaures Aethyl** $= C_4{}^4 H_8{}^8 O_2{}^8 . v = 107{,}4$ K $= 15 \times \overline{7{,}16} . C = 71$ K.
$v = 107{,}7$ P. $= 15 \times \overline{7{,}18} . C = 71$ P.
Propionsaures Aethyl $= C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_2{}^8 . v = 126{,}7$ K $= 18 \times \overline{7{,}04} . C = 72$ K.
$v = 128{,}6$ P.P. $= 18 \times \overline{7{,}14} . C = 73$ P.P.

3. Essigsaures Propyl $= C_5^5 H_{10}^{10} O_2^2 . v = 129{,}5$ P.P. $= 18 \times \overline{7{,}19} . C = 71$ P.P.

Propionsaures Propyl $= C_6^6 H_{12}^{12} O_2^2 . v = 152{,}0$ P.P. $= 21 \times \overline{7{,}24} . C = 75$ P.P.

4. Essigsaures Isobutyl $= C_6^6 H_{12}^{12} O_2^2 = 149{,}1$ P.P. $= 21 \times \overline{7{,}10} . C = 68$ P.P.

Propionsaures Isobutyl $= C_7^7 H_{14}^{14} O_2^2 = 175{,}0$ P.P. $= 24 \times \overline{7{,}29} . C = 77$ P.P.

Das Volummaass der Verbindung von höherem Atomgewicht ist hier der Regel entsprechend (mit Ausnahme von 2) das grössere. Aber aus allen 4 Paaren müsste man schliessen, dass die Contraction der Propylverbindung im Widerspruch mit der Regel die grössere ist, wenn man die Verbindungen der Propionsäure für rein genug beobachtet halten wollte. Ob diess der Fall ist, muss ich vorerst dahin gestellt seyn lassen.

§ 16. Es erübrigt die Untersuchung der Frage, ob in den Aetherarten der nämlichen Säure die Contraction mit wachsendem Alkoholradical abnimmt.

Für entsprechende Methyl- und Aethyl-Verbindungen hat man die Relationen:

1. Ameisensaures Methyl $= C_2^2 H_4^4 O_2^2 . v = 63{,}1$ K $= 9 \times \overline{7{,}01} . C_{36} = 50$ K.

Ameisensaures Aethyl $= C_3^3 H_6^6 O_2^2 . v = 84{,}7$ K $= 12 \times \overline{7{,}06}$ $C_{35} = 50$ K.

$v = 85{,}4$ P. $= 12 \times \overline{7{,}12}$.

2. Essigsaures Methyl $= C_3^3 H_6^6 O_2^2 . v = 83{,}9$ K $= 12 \times \overline{6{,}99} . C = 70$ K.

Essigsaures Aethyl $= C_4^4 H_8^8 O_2^2 . v = 107{,}4$ K $= 15 \times \overline{7{,}16} . C = 71$ K.

$v = 107{,}7$ P. $= 15 \times \overline{7{,}18} . C = 71$ P.

3\.

Isobuttersaures Methyl = $C_5^5 H_{10}^{10} O_2^3$. v = 127,1 K = 18 × $\overline{7,06}$. C = 71 K.
v = 128,3 P.P. = 18 × $\overline{7,13}$. C = 72 P.P.

Isobuttersaures Aethyl = $C_6^6 H_{12}^{12} O_2^3$. v = 149,7 K = 21 × $\overline{7,12}$. C = 71 K.
v = 151,9 PP. = 21 × $\overline{7,23}$. C = 69 P.P.

4\.

Isovaleriansaures Methyl = $C_6^6 H_{12}^{12} O_2^3$. v = 149,6 K = 21 × $\overline{7,12}$. C = 68 K.
v = 149,8 P.P. = 21 × $\overline{7,13}$. C = 68 P.P.

Isovaleriansaures Aethyl = $C_7^7 H_{14}^{14} O_2^3$. v = 174,7 P.P. = 24 × $\overline{7,28}$. C = 69 P.P.

5\.

Benzoësaures Methyl = $C_8 H_8 O_2$. v = 152,0 K = 21 × $\overline{7,24}$. C = 58 K.
Benzoësaures Aethyl = $C_9 H_{10} O_2$. v = 175,1 K = 24 × $\overline{7,30}$. C = 58 K.

Das Volummaass der Aethylverbindung ist der Regel entsprechend in allen 5 Paaren grösser beobachtet; aber die Contractionen liegen sich in jedem Paar so nahe, dass sie für gleich zu erachten sind. Falls in der Natur Unterschiede begründet seyn sollten, müssten sie jedenfalls so klein seyn, dass sie von den bisher unvermeidlichen Beobachtungsfehlern meist überdeckt werden.

§ 17. Vergleicht man jedoch die Alkohole und Aldehyde, so hat man:

1\.

Holzgeist = $C_1^1 H_3^3 . O_1^1 H_1^1$. v = 42,3 K = 6 × $\overline{7,05}$. C = 59 bis 60 K.
Alkohol = $C_2^2 H_5^5 . O_1^1 H_1^1$. v = 62,2 K = 9 × $\overline{6,91}$. C = 59 K.

2\.

Aldehyd = $C_1^1 H_3^3 . C_1^1 O_1^2 . H_1^1$. v = 56,9 K = 8 × $\overline{7,11}$
v = 56,8 P. = 8 × $\overline{7,10}$. C = 78 P.

Propylaldehyd = $C_2^2 H_5^5 . C_1^1 O_1^2 . H_1^1$. v = 75,0 P.P. = 11 × $\overline{6,82}$. C = 78 P.P.

Hier nimmt, wie ich schon l. c. hervorgehoben habe, das Volummaass mit dem Atomgewicht des Alkoholradicals unzweifelhaft ab.

Das Zunehmen des Volummaasses mit dem Atomgewicht entsprechender Verbindungen ist daher zwar die Regel, aber keineswegs eine allgemeine Thatsache.

§ 18. Ich lasse aus dem schon § 15 erwähnten Grunde die entsprechenden Aethyl- und Propyl-Aetherarten der nämlichen Säure hier unberücksichtigt. Eine klare Regel stellt sich zur Zeit bei denselben nicht heraus.

Ebenso lassen auch die entsprechenden Isobutyl- und Isoamyl-Aetherarten der nämlichen Säure in Bezug auf die Contractionen, die sich wie es scheint zu nahe liegen, keinen Unterschied bestimmt genug erkennen, doch nimmt das Volummaass bei denselben mit dem Atomgewicht des Alkoholradicals der Regel entsprechend unzweifelhaft zu.

Auch bei den Aetherarten der nämlichen Säure tritt übrigens ein Abnehmen der Contraction und Zunehmen der Stere mit wachsendem Alcoholradical sehr deutlich hervor, wenn man die Verbindungen weiter von einander abliegender Radicale, z. B. des Aethyls und Isoamyls, mit einander vergleicht. Man hat die Relationen:

1. Essigsaures Aethyl $= C_4{}^4 H_8{}^8 O_2{}^3 . v = 107{,}4\,K = 15 \times \overline{7{,}16} . C = 71\,K.$
$v = 107{,}7\,P. = 15 \times \overline{7{,}18} . C = 71\,P.$
Essigsaures Isoamyl $= C_7{}^7 H_{14}{}^{14} O_2{}^3 . v = 175{,}4\,K = 24 \times \overline{7{,}31} . C = 69\,K.$

2. Isobuttersaures Aethyl $= C_6{}^6 H_{12}{}^{12} O_2{}^3 . v = 149{,}7\,K = 21 \times \overline{7{,}12} .$
$C = 71\,K.$
$v = 151{,}9\,P.P. = 21 \times \overline{7{,}23} . C = 69\,P.P.$
Isobuttersaures Isoamyl $= C_9{}^9 H_{18}{}^{18} O_2{}^3 . v = 221{,}7\,P.P. = 30 \times \overline{7{,}39} .$
$C = 67\,P.P.$

3.
Isovaleriansaures Aethyl $= C_7{}^7 H_{14}{}^{14} O_2{}^3 . v = 174{,}7$ P.P. $= 24 \times \overline{7{,}28} . C$ $= 69$ P.P.

Isovaleriansaures Isoamyl $= C_{10}{}^{10} H_{20}{}^{20} O_2{}^3 . v = 244{,}6 K = 33 \times \overline{7{,}41}$. $C = 67 K.$

$v = 245{,}7$ P.P. $= 33 \times \overline{7{,}45}$. $C = 65$ P.P.

4.
Benzoësaures Aethyl $= C_9 H_{10} O_2 . v = 175{,}1 K = 24 \times \overline{7{,}30} . C = 58 K.$

Benzoësaures Isoamyl $= C_{12} H_{16} O_2 . v = 246{,}4 K = 33 \times \overline{7{,}41} . C = 47 K.$

Stets ist ganz nach der allgemeinen Regel mit dem grösseren Volummaas des Aethers von höherem Atomgewicht auch die kleinere Contraction verbunden.

§ 19. Nur die Alkohole befolgen, wie ich schon l. c. hervorgehoben habe, die umgekehrte Regel, indem der höhere Alkohol die kleinere Stere und die grössere Contraction hat.

Aethylalkohol $= C_2{}^2 H_6{}^6 O_1{}^1 . v = 62{,}2 K = 9 \times \overline{6{,}91} . C = 59 K.$

$v = 61{,}7 P, = 9 \times \overline{6{,}86} . C = 57 P.$

Isoamylalkohol $= C_5{}^5 H_{12}{}^{12} O_1{}^1 . v = 123{,}6 K = 18 \times \overline{6{,}87} . C = 63$ bis 64 K.

$v = 122{,}8 P. = 18 \times \overline{6{,}82} . C = 61 P.$

Die Umkehrung der gewöhnlichen Regel bei den Alkoholen spricht sich l. c. auch in den Siedepunctsrelationen aus.

In Bezug auf das Volummaass, nicht in Bezug auf die Contraction, befolgen auch die Aldehyde die umgekehrte Ordnung; denn man hat:

Aldehyd $= C_2{}^2 H_4{}^4 O_1{}^2 . v = 56{,}9 K = 8 \times \overline{7{,}11}$

$v = 56{,}8 P. = 8 \times \overline{7{,}10} . C = 78 P.$

Isoamylaldehyd $= C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_1{}^2 . v = 118{,}6 K = 17 \times \overline{6{,}98} . C = 68 K.$

$v = 118{,}7$ P.P. $= 17 \times \overline{6{,}98}$ P.P. . $C = 70$ P.P.

§ 20. Vergleicht man noch die Contractionen der Alkohole und Säuren, so ergeben sie sich nahe gleich gross für die Paare:

1. { Weingeist = $C_2 H_6 O$. C = 59 K. C = 57 P.
Essigsäure = $C_2 H_4 O_2$. C = 59 K.

2. { Propylalkohol = $C_3 H_8 O$. C = 57 P.P.
Propionsäure = $C_3 H_6 O_2$. C = 59 bis 60 P.P.. C = 61 K.

3. { Gährungsbutylalkohol = $C_4 H_{10} O$. C = 62 P.P.
Isobuttersäure = $C_4 H_8 O_2$. C = 62 K. C = 63 P.P.

4. { Isoamylalkohol = $C_5 H_{12} O$. C = 63 bis 64 K. C = 61 P.
Isovaleriansäure = $C_5 H_{10} O_2$. C = 63 K. C = 56 bis 57 P.P.

Doch ist sie für die Säure etwas kleiner bei den Paaren:

1. { Holzgeist = $CH_4 O$. C = 59 bis 60 K. C = 63 P.
Ameisensäure = $CH_2 O_2$. C = 54 K.

2. { Benzoëalkohol = $C_7 H_8 O$. C = 51 K.
Benzoësäure = $C_7 H_6 O_2$. C = 47 K.

§ 21. Ordnet man alle auf ihre Ausdehnung durch die Wärme beobachteten Flüssigkeiten nach der Grösse ihrer Contraction für eine Abkühlung von 50° unter ihren Siedepunct, so steht das Wasser mit der kleinsten Contraction C = 30 K obenan; dann folgen Bromantimon mit C = 44 K; Chlorantimon und Bromsilicium mit C = 47 K u. P.; Bromphosphor mit C = 47 P. 48 Th. Sofort folgt nun die grosse Mehrzahl der aromatischen Verbindungen: Benzoësäure und Benzoësaures Isoamyl mit C = 47 K; Anilin und Nitrobenzol mit C = 49 K; Phenol mit C = 50 K; Naphtalin und Benzoëalkohol mit C = 51 K; Chlorbenzoyl mit C = 52 K; Bittermandelöl mit C = 53 K; Cyanphenyl mit C = 54 K u. s. f.

Nun erst reihen sich diejenigen Verbindungen der Fettreihe an, welchen die kleinste Contraction zukömmt, wie Ameisensäure mit C = 54 K; einige Jod-, Brom- und Chlorverbindungen, dann Alkohol und Holzgeist, mit C = 57 bis 59 K; die letzten Glieder der aromatischen Reihe, wie Cymol und Benzoësaures Methyl und Aethyl mit C = 58 K.

Es haben daher alle Verbindungen der Fettreihe grössere Contractionen als die entsprechenden Verbindungen der aromatischen Reihe. Die kleinsten Contractionen der Fettreihe entsprechen ungefähr den grössten der aromatischen Reihe.

§ 22. Es ist sehr merkwürdig, dass sich in den Volumen bei Kochhitze ein analoges Verhältniss der Verbindungen der Fettreihe und entsprechender der aromatischen Reihe ganz und gar nicht ausspricht. Vielmehr hat das Phenyl = $C_6 H_5$ mit dem Isobutyl = $C_4 H_9$ in allen entsprechenden Verbindungen wirklich gleiches Volum bei viel kleinerer Contraction. In der That ist beobachtet:

1. { **Phenol** = $C_6 H_5 . OH$. v = 103,0 K . C = 50 K.
   Isobutylalkohol = $C_4 H_9 . OH$. v = 102,3 P.P. . C = 62 P.P.

2. { **Bittermandelöl** = $C_6 H_5 . CO . H$. v = 118,5 K . C = 53 K.
   Isoamylaldehyd = $C_4 H_9 . CO . H$. v = 118,6 K . C = 68 K.
   v = 118,7 P.P. . C = 70 P.P.

3. { **Benzoëalkohol** = $C_6 H_5 . CH_2 . OH$. v = 122,8 K . C = 51 K.
   Isoamylalkohol = $C_4 H_9 CH_2 . OH$. v = 123,6 K . C = 63 bis 64 K.
   v = 122,8 P. . C = 61 P.

4. { **Benzoësaures Methyl** = $C_6 H_5 . CO . OCH_3$. v = 152,0 K . C = 58 K.
   Isovaleriansaures Methyl = $C_4 H_9 . CO . OCH_3$. v = 149,6 K . C = 68 K.
   v = 149,8 P.P. . C = 68 P.P.

5. { **Benzoësaures Aethyl** = $C_6 H_5 . CO . O . C_2 H_5$. v = 175,1 K . C = 58 K.
   Isovaleriansaures Aethyl = $C_4 H_9 . CO.O.C_2 H_5$. v = 174,7 P.P. . C = 69 P.P.

6. { Benzoësaures Isoamyl $= C_6 H_5 . CO . O . C_5 H_{11} . v = 246,4 K . C = 47 K.$
Isovaleriansaures Isoamyl $= C_4 H_9 . CO.O.C_5 H_{11} . v = 244,6 K . C = 67 K.$
$v = 245,7 P.P. . C = 65 P.P.$

7. { Cymol $= C_6 H_5 . C_4 H_9 . v = 184,3 K . C = 58 K.$
Diisobutyl $= C_4 H_9 . C_4 H_9 . v = 184,8 K . C = 70 K.$
$v = 185,5 Th . C = 69,5 Th.$

Nur Benzoësäure und Isovaleriansäure stimmen nicht so genau, vielleicht weil das Volum der Benzoësäure bei dem hohen Siedepuncte derselben nicht ebenso scharf zu bestimmen war. Man hat:

8. { Benzoësäure $= C_6 H_5 . CO . OH . v = 126,5 K . C = 47 K.$
Isovaleriansäure $= C_4 H_9 . CO . OH . v = 130,4 K . C = 63 K.$
$v = 130,6 P.P. . C = 56$ bis $57 P.P.$

Mir scheint aus dieser überraschenden Uebereinstimmung der Volume entsprechender Phenyl- und Isobutyl-Verbindungen in Kohlenwasserstoffen, Alkoholen, Aldehyden und zusammengesetzten Aetherarten hervorzugehen, dass Phenyl und Isobutyl bei gleicher Dampfspannung wirklich gleiche Volume haben.

Das Contractionsverhältniss schwankt von 1,17 bis 1,40, und ist im Mittel = 1,25, d. h. die Isobutylverbindung hat durchschnittlich eine $^5/_4$mal so grosse Contraction als die entsprechende Phenyl-Verbindung.

§ 23. Man kann diese Gleichheit der Volume entsprechender Phenyl- und Isobutyl-Verbindungen, obwohl sich eine andere Erklärung, auf die ich hier nicht näher eingehen kann, besser empfiehlt, zwar daraus zu erklären versuchen, dass im Phenyl $= C_6 H_5$ zwei Atome Kohlenstoff den nämlichen Raum einnehmen, wie vier Atome Wasser-

stoff im Isobutyl $= C_4H_9$, man darf aber nicht, wie es früher geschehen ist, daraus schliessen, dass überhaupt ein Atom Kohlenstoff den nämlichen Raum erfülle, wie zwei Atome Wasserstoff. In all den Verbindungen, deren Volumconstitution ich im Vorstehenden mitgetheilt habe, nehmen vielmehr ein Atom Kohlenstoff und ein Atom Wasserstoff den nämlichen Raum einer Stere ein.

Es hängt hiernach lediglich von der besonderen Structur des Phenyls und Isobutyls ab, dass ihre Volume übereinstimmen.

Es sind im Vorhergehenden vielfache Belege beigebracht worden, dass das Volummaass entsprechender Verbindungen, die Stere bei Kochhitze, in der Regel mit dem Atomgewicht wächst, nur bei den Alkoholen und den Aldehyden der Normalreihe nimmt sie mit dem Atomgewicht ab; das Verhältniss des Volummaasses zweier Verbindungen wird sich in der Regel für die einem andern Druck, als dem von Einer Atmosphäre, entsprechenden Kochpuncte ändern.

Die Sterengleichheit der verschiedensten Paare entsprechender Phenyl- und Isobutyl-Verbindungen schliesst einen solchen Wechsel aus; sie wird unzweifelhaft auch für andere correspondirende Temperaturen, d. h. für die jedem anderen Druck entsprechenden Siedetemperaturen derselben gültig bleiben.

Von den hier erwähnten Phenyl- und Isobutyl-Paaren ist bis jetzt keines auf die Abnahme oder Zunahme der Spannkraft seiner Dämpfe mit der Temperatur untersucht. Aus dem Zusammenhang der ermittelten Volum- und Contractions-Verhältnisse glaube ich jedoch die theoretische Vorausbestimmung wagen zu dürfen, dass eine Phenyl-Verbindung um etwa $^5/_4$ mal so viele Grade abgekühlt oder erwärmt werden muss, als die entsprechende Isobutyl-Verbindung,

wenn ihre Dampfspannung um gleich viel erniedrigt oder erhöht werden soll; denn diess ist die Bedingung, dass die Volume beider auch bei den einem anderen Druck entsprechenden Siedepuncten derselben gleich bleiben.

§ 24. Für jeden Kern scheinen die Contractionen seiner Verbindungen, kleine relative Verschiebungen abgerechnet, im Allgemeinen die gleiche Ordnung zu befolgen. Die kleinste Contraction entspricht dem Alkohol, der Säure und dem Jodid, dann folgen das Bromid, die zusammengesetzten Aetherarten und das Chlorid; die grösste Contraction hat stets das Aldehyd und, so weit beobachtet, das Cyanid. So hat man:

1.
- **Alkohol** C = 57 P.. C = 59 K.
- **Essigsäure** C = 59 K.
- **Jodaethyl** C = 60 P.
- **Bromaethyl** C = 67 P.
- **Essigsaure Aetherarten** C = 69 bis 71.
- **Chloraethyl** C = 71 P.
- **Aldehyd** C = 78 P.

2.
- **Propylalkohol** C = 57 P.P.
- **Propionsäure** C = 59 bis 60 P.P.. C = 61 K.
- **Jodpropyl** C = 62 P.P.
- **Brompropyl** C = 66 bis 67 P.P.
- **Chlorpropyl** C = 68 P.P.
- **Propylaldehyd** C = 78 P.P.

3.
- **Jodisobutyl** C = 58 bis 59 P.P.
- **Isobutylalkohol** C = 62 P.P.
- **Isobuttersäure** C = 62 K. C = 63 P.P.
- **Bromisobutyl** C = 64 P.P.
- **Isobuttersaure Aether** C = 67 bis 71.
- **Chlorisobutyl** C = 68 P.P.
- **Isobutylaldehyd** C = 76 P.P.

4.
- **Jodisoamyl** C = 58 K.
- **Isoamylalkohol** C = 61 P.. C = 63 K.
- **Isovaleriansäure** C = 63 K.
- **Bromisoamyl** C = 62 bis 63 P.
- **Isovaleriansaure Aether** C = 65 bis 68.
- **Chlorisoamyl** C = 66 P.
- **Isoamylaldehyd** C = 68 K C = 70 P.P.

5.
- **Benzoësäure** C = 47 K.
- **Anilin** C = 49 K.
- **Benzoëalkohol** C = 51 K.
- **Benzoësaure Aether** C = 47 bis 58 K.
- **Bittermandelöl** C = 53 K.
- **Cyanphenyl** C = 54 K.

§ 25. Es lassen sich nun aus den mitgetheilten Thatsachen einige practische Regeln gewinnen für die Berechnung des Volums einer Verbindung bei Kochhitze aus ihrem beobachteten Volum bei 0° oder mittlerer Temperatur, und der beobachteten Ausdehnung einer anderen Substanz durch die Wärme, deren Ausdehnung mit der zu untersuchenden voraussichtlich übereinstimmt, oder in bekanntem Verhältnisse steht. Schon H. Kopp hat 1856 zum Zwecke des Studiums der Volumverhältnisse flüssiger Körper bei Kochhitze mehrfach solche Berechnungen ausgeführt. Seitdem ist das Beobachtungsmaterial ausserordentlich angewachsen, und viele lehrreiche Thatsachen lassen sich feststellen, wenn die Volume bei Kochhitze in richtiger Weise berechnet werden können. Die wirkliche Ausführung solcher Rechnungen wird die Basis einer anderen Untersuchung bilden. Aus dem Mitgetheilten ergeben sich für diesen Zweck unter Anderen die nachfolgenden Anhaltspunkte.

1. Zur Berechnung der Ausdehnung eines Alkohols der Fettreihe kann man ohne erheblichen Fehler diejenige der entsprechenden Säure anwenden und umgekehrt; weil die Contractionen der Säuren und Alkohole sich stets sehr nahe liegen.

2. Zur Berechnung der Ausdehnung der Verbindung eines Alkoholradicals der Normalreihe kann man ohne erheblichen Fehler diejenige der entsprechenden Verbindung des benachbarten normalen Alkoholradicals benutzen, weil die Contractionen für die wachsenden Alkoholradicale der Normalreihe sich nur sehr langsam ändern. Rascher scheint diese Aenderung bei den Isoverbindungen statt zu haben, denn die Contraction einer Isoamylverbindung ist stets etwas kleiner als diejenige der entsprechenden Isobutylverbindung.

3. Die Contraction des Bromids eines Alkoholradicals

ist stets sehr nahe genau die mittlere zwischen der Contraction des Chlorids und des Jodids dieses Alkoholradicals.

4. Die Contraction des Chlorids und des Acetats eines Alkoholradicals stimmen meist nahe überein.

5. Die Ausdehnung einer Phenylverbindung ist etwa $^5/_4$ mal zu nehmen, um die Ausdehnung der entsprechenden Isobutylverbindung zu erhalten.

6. Sehr nahe liegen sich die Ausdehnungen der entsprechenden isobuttersauren und essigsauren Aetherarten, so dass eine nach der anderen berechnet werden kann,

7. Die Ausdehnung einer Aetherart ist etwa $^7/_8$ mal so gross als die Ausdehnung der dieser Aetherart isomeren Säure der Fettreihe.

Auch diese Beziehung wird in manchen Fällen zu einer angenäherten Berechnung dienlich sein.

§ 26. Es ist dargelegt worden, dass die Grösse der Stere verschiedener Verbindungen bei ihrer respectiven Kochhitze nicht völlig die gleiche ist; sie schwankt gesetzmässig in engen Grenzen und nimmt in der Regel (jedoch nicht bei den normalen Alkoholen und Aldehyden) mit wachsendem Atomgewicht in jeder Reihe etwas zu. Der grösseren Stere entspricht in diesen Fällen die kleinere Contraction. Wenn das Dalton'sche Gesetz giltig wäre, wonach die Flüssigkeiten von ihren Kochpunkten ab um gleichviel Grade erwärmt oder abgekühlt werden müssten, damit ihre Dampfspannung sich in gleicher Weise ändere, so hätte offenbar die grössere Stere bei Abnahme des Drucks die kleinere Contraction, und die Steren müssten bei niederen Drucken bei den respektiven Kochpunkten sich noch mehr von der Gleichheit entfernen.

Die wirkliche gleiche Abnahme der Spannung der Dämpfe, soweit dahin gehörige Beobachtungen vorliegen, scheint jedoch in homologen Reihen bei niederen Drucken

für die Glieder von höherem Atomgewicht grössere Abkühlungen zu erfordern, und dadurch die Wirkung der kleineren Contraction für gleichviel Grade mehr als abzugleichen. Wo man in der That eine dahin gehörige Rechnung ausführen kann, scheinen desshalb die Steren der Flüssigkeiten einer homologen Reihe bei correspondirenden Temperaturen um so mehr der Gleichheit sich zu nähern, je niederer die Drucke sind.

§ 27. Ich will diese Rechnung für die Fettsäurereihe, für welche Landolt[3]) die Dampfspannungen bei verschiedenen Temperaturen bestimmt hat, vorlegen. Ich gebe für jede Säure das Molecularvolum beim Kochpunkt für Eine Atmosphäre Druck und die entsprechende Stere, wie ich sie l. c. abgeleitet, und im Vorausgehenden mitgetheilt habe, an; füge dann bei, um wie viel Grade sich die betreffende Säure nach Landolt abkühlen muss, damit ihre Dämpfe von der Spannung von 760 mm auf die Spannung von 30 mm herabsinken, und bezeichne diese Anzahl Grade durch $\triangle$t. Dann füge ich noch die für dieses $\triangle$t nach Kopps oder Pierres Ausdehnungsversuchen berechnete Contraction in 10000 Theilen des Volums bei Kochhitze bei. Hiernach hat man:

Ameisensäure $= C_1{}^1 H_2{}^2 O_2{}^3 . v = 41{,}8$ K $= 6 \times \overline{6{,}97} . \triangle t = 80^0{,}8$ L . C $= 837$ K.

Essigsäure $= C_2{}^2 H_4{}^4 O_2{}^3 . v = 63{,}4$ K $= 9 \times \overline{7{,}04} . \triangle t = 88^0{,}1$ L . C $= 970$ K.

Propionsäure $= C_3{}^3 H_6{}^6 O_2{}^3 . v = 85{,}9$ K $= 12 \times \overline{7{,}16} . \triangle t = 88^0{,}1$ L . C $= 1010$ K.

Normalbuttersäure $= C_4{}^4 H_8{}^8 O_2{}^3 . v = 108{,}0$ P. $= 15 \times \overline{7{,}19} . \triangle t = 99^0{,}4$ L . C $= 1118$ P.

Isovaleriansäure $= C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_2{}^3 . v = 130{,}4$ K $= 18 \times \overline{7{,}24} . \triangle t = 105^0{,}8$ L . C $= 1202$ K.

Man sieht, dass mit wachsendem Atomgewicht die Stere zunimmt; aber auch $\triangle$t nimmt zu; und weil der grösseren

3) Annal. Chem. Pharm. Supplem. VI. S. 129.

Stere auch die grössere Contraction entspricht, so nähern sich die Steren der Gleichheit.

Berechnet man nun nach den Kopp'schen und Pierre'schen Ausdehnungsbeobachtungen die Molecularvolume für die dem Dampfdruck von 30 mm entsprechenden Siedetemperaturen, so erhält man die Reihe:

Ameisensäure = $C_1{}^1 H_2{}^2 O_2{}^3 . v = 38,3$ K $= 6 \times \overline{6,38}$.

Essigsäure = $C_2{}^2 H_4{}^4 O_2{}^3 . v = 57,3$ K $= 9 \times \overline{6,37}$.

Propionsäure = $C_3{}^3 H_6{}^6 O_2{}^3 . v = 77,2$ K $= 12 \times \overline{6,43}$.

Normalbuttersäure = $C_4{}^4 H_8{}^8 O_2{}^3 . v = 95,9$ P. $= 15 \times \overline{6,39}$.

Isovaleriansäure = $C_5{}^5 H_{10}{}^{10} O_2{}^3 . v = 114,7$ K $= 18 \times \overline{6,37}$.

Bei 30 mm Druck sind also die Steren der Ameisensäure, Essigsäure, Normalbuttersäure und Isovaleriansäure wirklich schon gleich, im Mittel = $\overline{6,38}$; nur die Propionsäure stimmt nicht genau, wohl weil es bis jetzt nicht zu gelingen scheint, sie rein genug darzustellen.

§ 28. In einer Arbeit über Siedepunkte und correspondirende Temperaturen, die ich hoffe bald vorlegen zu können, weise ich nach, dass, wie diess auch aus den Regnault'schen Beobachtungen der Dampfspannungen von Chloraethyl, Bromaethyl und Jodaethyl, und aus den Landolt'schen für die Fettsäuren hervorgeht, — dass für die Glieder einer solchen Reihe die Differenz correspondirender Siedetemperaturen mit dem Druck abnimmt, und mit wachsendem Drucke sich einem für höhere Drucke constanten Werthe nähert. Dieser Grenzwerth ist für die genannten Säuren nach Landolt schon bei Einer Atmosphäre Druck erreicht.

Dass sich die Steren solcher Flüssigkeiten bei niederen Drucken der Gleichheit nähern, wie diejenigen der Fettsäuren, wird sich wohl für alle die Gruppen bestättigen, für welche ich im Vorstehenden Abnahme der Siedepunktsdifferenz der Paare, Zunahme des Volum-

maasses und Abnahme der Contraction mit wachsendem Atomgewicht nachgewiesen habe.

Es scheint diese für Flüssigkeiten geltende Thatsache einer Beziehung der Körper in Gasform zu entsprechen. Für gasförmige Körper ist die Gleichheit der Molecularvolume (und also des Volummaasses oder der Stere) bei gleichem Druck und gleicher Temperatur nur streng gültig für sehr verdünnte Gase bei niederen Drucken; nicht selten weichen bei hohen Drucken auch die Molecularvolume der Gase, und also ihre Steren, von der völligen Gleichheit mehr und mehr ab.

§ 29. Ich erkenne in der Thatsache, dass sich das Volummaass entsprechender flüssiger Körper für sehr niedere Drucke der Gleichheit nähert, ebenso auch eine Analogie für das Verhalten fester Körper.

Für feste Körper, deren Dampfspannung bei gewöhnlicher Temperatur meist der Grenze Null zueilt, erscheint die Stere nicht selten für ganze Gruppen von entsprechenden Körpern als nahe constant, wie ich diess nun für so viele Reihen derselben festgestellt habe.

Wir vermögen die correspondirenden Temperaturen für feste Körper bis jetzt nicht anzugeben. Die Differenz correspondirender Temperaturen zweier fester Körper ist, dem niederen Dampfdruck entsprechend, wahrscheinlich kleiner, als die Siedepunktsdifferenz der entsprechenden Flüssigkeiten. Aber wenn sie auch etwas grösser wäre, so würde diess doch nicht hindern, bei gleicher mittlerer Temperatur, oder z. B. bei 0° die Steren fester Körper für zahlreiche Gruppen nahe übereinstimmend zu finden, weil die Ausdehnung fester Körper durch die Wärme in der Regel eine so geringe ist, dass sie z. B. für 100° auf die Ziffern des Molecularvolums, so weit sich dasselbe bis jetzt genau beobachten lässt, meist noch keinen sehr erheblichen Einfluss auszuüben vermag.

In dieser Weise kann man sich eine theoretische Rechenschaft geben über das bei festen Körpern waltende Sterengesetz, wie ich dasselbe in den Sitzungsberichten der K. Akademie der Wissenschaften 1877 erstmals ausführlicher entwickelt habe. Man gelangt dadurch zu einer zwar noch hypothetischen, aber insofern werthvollen theoretischen Auffassung. als dieselbe für Gase, Flüssigkeiten und feste Körper übereinstimmende Gültigkeit hat.

§ 30. Für die Richtigkeit des Sterengesetzes spricht noch eine andere sehr bemerkenswerthe Thatsache.

Die Volumformeln im festen und flüssigen Zustande erscheinen, wie l. c. schon hervorgehoben, in der Regel identisch, oder mit anderen Worten: die Volumconstitution der Körper im festen und flüssigen Zustande, so weit solche Vergleiche bis jetzt möglich sind, ist meist durch die nämliche Formel dargestellt.

So erscheint das mit einwerthigen Elementen oder Gruppen verbundene Chlor im festen und flüssigen Zustande als Cl_1^3, das Brom als Br_1^4. Es ist z. B. wie ich dargelegt habe.[4])

Festes Chlorkalium $= K_1^4\, Cl_1^3 = 7 \times \overline{5,4} = \underline{37,8}$.
„ Chlornatrium $= Na_1^2\, Cl_1^3 = 5 \times \overline{5,4} = \underline{27,0}$.
„ Bromkalium $= K_1^4\, Br_1^4 = 8 \times \overline{5,4} = \underline{43,2}$.
„ Bromnatrium $= Na_1^2\, Br_1^4 = 6 \times \overline{5,4} = \underline{32,4}$.

Flüssiges Chlorpropyl $= C_3^3\, H_7^7\, Cl_1^3 = 91,6 = 13 \times \overline{7,05}$.
„ Chloraethyl $= C_2^2\, H_5^5\, Cl_1^3 = 71,2 = 10 \times \overline{7,12}$.
„ Brompropyl $= C_3^3\, H_7^7\, Br_1^4 = 100,3 = 14 \times \overline{7,16}$.
„ Bromaethyl $= C_2^2\, H_5^5\, Br_1^4 = 78,4 = 11 \times \overline{7,13}$.

Die feste Stere ist etwa 5,4, die flüssige beim Kochpunkt ist etwa 7,1, und es steht lediglich Propyl

4) Annal. Chem. Pharm. Bd. 192 S. 295 u. ff.

$= C_3{}^3 H_7{}^7$ und Aethyl $= C_2{}^2 H_5{}^5$ u. s. f. an der Stelle von $K_1{}^4$ und $Na_1{}^2$ in den festen Verbindungen.

Es sei noch ein zweites Beispiel vorgeführt.

Für feste Ameisensäure und Essigsäure hat Pettersson die Molecularvolume sehr genau festgestellt; für erstere $v = 32{,}4$; für letztere $v = 48{,}7$. Nun ist nach dem Sterengesetz hieraus zu entnehmen:

Feste Ameisensäure $= C_1{}^1 H_2{}^2 O_2{}^2 = 6 \times \overline{5{,}4} = 32{,}4$ wie beob.

„ Essigsäure $= C_2{}^2 H_4{}^4 O_2{}^3 = 9 \times \overline{5{,}4} = 48{,}6$ wie beob.

Aber für diese flüssigen Säuren beim Kochpunkt hat sich damit völlig übereinstimmend ergeben:

Flüssige Ameisensäure $= C_1{}^1 H_2{}^2 O_2{}^3 = 41{,}8 = 6 \times \overline{6{,}97}$.

„ Essigsäure $= C_2{}^3 H_4{}^4 O_2{}^2 = 63{,}4 = 9 \times \overline{7{,}04}$.

Die Volumconstitution ist im festen und flüssigen Zustande völlig die gleiche; nur die Grösse der Stere ist verschieden.

Ganz dasselbe gilt ferner von den festen Silbersalzen und den flüssigen Aetherarten der Säuren der Fettreihe.

Für die Silbersalze dieser Säuren im festen Zustande habe ich[5]) nachgewiesen, dass sie das Silber mit seinem Metallvolum als $Ag_1{}^2$ enthalten, und dass z. B.

Festes Silberacetat $= C_2{}^2 H_3{}^3 Ag_1{}^2 O_2{}^3 = 51{,}3$ Schröder $= 10 \times \overline{5{,}13}$.

„ Silberbutyrat $= C_4{}^4 H_7{}^7 Ag_1{}^2 O_2{}^2 = 82{,}9$ Schröder $= 16 \times \overline{5{,}18}$.

„ Silberisovalerianat $= C_5{}^5 H_9{}^9 Ag_1{}^2 O_2{}^3 = 98{,}7$ Schröder $= 19 \times \overline{5{,}19}$.

Ganz entsprechend sind nach dem Vorausgehenden bei Kochhitze

Flüssiges Essigsaures Aethyl $= C_2{}^2 H_3{}^3 . C_2{}^2 H_5{}^5 O_2{}^3 = 107{,}4$ K $= 15 \times \overline{7{,}16}$.

„ Isobuttersaures Aethyl $= C_4{}^4 H_7{}^7 . C_2{}^2 H_5{}^5 O_2{}^2 = 150.8$ P.. K $= 21 \times \overline{7{,}16}$.

„ Isovaleriansaures Aethyl $= C_5{}^5 H_9{}^9 . C_2{}^2 H_5{}^5 O_2{}^3 = 174{,}7$ P.P. $= 24 \times \overline{7{,}28}$.

---

5) Berichte d. deutsch. Chem. Ges. 10 S. 852 u. f.

Die Volumconstitution der festen Silbersalze und der flüssigen Aetherarten stimmt völlig überein, nur steht in den letzteren überall das Aethyl $= C_2{}^2 H_5{}^5$ an der Stelle des Silbers $= Ag_1{}^2$ in den ersteren, und die Stere ist bei den genannten flüssigen Aetherarten bei Kochhitze $= \overline{7,16}$ bis $\overline{7,28}$; bei den festen Silbersalzen aber = 5,13 bis 5,19.

Diese Beispiele mögen genügen.

Fortan wird sich die Volumtheorie auf der nun gewonnenen festen Grundlage mit jeder Erweiterung des Beobachtungsgebietes sehr rasch und sicher fortentwickeln, und in Zukunft, ja in Bälde, auch zur Kenntniss der chemischen Natur der Verbindungen das ihrige reichlich beitragen.

Herr Hermann v. Schlagintweit-Sakünlünski überreicht der hohen Classe für die k. Hof- und Staats-Bibliothek ein Exemplar der botanischen Abhandlung:[1])

„Die Compositae des Herbarium Schlagintweit aus Hochasien und südlichen indischen Gebieten.

Bestimmt und bearbeitet von Dr. F. W. Klatt. Mit einleitenden Angaben über das Auftreten, sowie über topographische und klimatische Verhältnisse, von Hermann v. Schlagintweit-Sakünlünski.

Nebst 1 Karte der Reisewege und Abbildung von 7 n. sp. auf 3 lithogr. Tafeln."

Er verbindet damit, im Anschlusse an den früheren Bericht in der Sitzung des 9. Februar 1878, die folgenden Mittheilungen.

Jene ersten Angaben Herrn Dr. Klatt's über die Formen, 17 an der Zahl, welche sich damals als neue Species ihm ergeben hatten, wurden von der k. Akademie in vorläufiger Analyse, ohne Abbildungen, zu Druck gebracht; meinerseits wurden dabei für die betreffenden Exemplare die Localitäten des Auftretens besprochen. Zugleich habe ich für jene beiden Gattungen von Compositen, deren Species in unserem Herbarium aus Hochasien am zahlreichsten vertreten sind,

1) Nova Acta der kaiserl. Leop.-Carol.-Deutschen Akademie der Naturforscher. Band XLI Pars. II Nr. 6; 4° Halle 1880. Als Separatausgabe, S. 1 bis 75, in Commission bei Wilh. Engelmann, in Leipzig.

für das Genus *Artemisia* und das Genus *Saussurea*, vergleichende Erläuterung ihrer Verbreitung beigefügt.

Vor der ausführlichen Publication der systematischen Untersuchung und der Herstellung der Tafeln in den Verhandlungen der Kais. Leop.-Carol.-Deutschen Akademie ist jetzt Revision derselben gefälligst von Herrn Professor Kraus zu Halle noch vorgenommen worden. Er war in der Lage, noch vollständiger die über die Familie der Compositen bereits vorliegenden Daten dabei zu berücksichtigen, und es hat sich ergeben, dass die Zahl der neuen Species sich reducirt; 7 sind jetzt auch auf den der Abhandlung beigegebenen Tafeln abgebildet. Diejenigen Species, für welche frühere Bestimmung sich gefunden hat, sind nun als neue ausgeschlossen, und die schon vorhandenen Namen sind aus „Clarke's Compositae indicae"[2]) gegeben; Dr. Klatt hat aber auch da, wo Aenderung eintrat, die descriptiven Angaben über Verwandtschaft, jetzt mit den Modificationen, die sich boten, in gleicher Ausführlichkeit wie in der ersten akademischen Mittheilung, wieder beigefügt.

Mit der Aufzählung des Materials dieser Familie in seinen Einzelheiten konnten zugleich für das Ganze jene topographischen Daten über Verbreitung verbunden bleiben, welche in unserem Herbarium selbst, während des Sammelns, auch mit Details über vereinzelte Standorte, angegeben wurden, um der Beurtheilung der pflanzengeographischen Verhältnisse als Basis zu dienen. Die Höhenangaben, welche als die ersten berechnet waren, stehen schon auf den Herbarium-Folien neben den Localitäten. Solche sind ohnehin von Herrn Klatt bei den Localitäten angeführt; ich selbst habe nun ergänzend nur für alle jene Localitäten die Höhen noch beigefügt, an welchen neue Species, Varietäten

2) Clarke A. B., „Compositae Indicae descriptae et secus genera Benthamii ordinatae." Calcutta, Thacker, Spinck and Co. 1876.

oder ungewöhnliche klimatische Erscheinungen zu besprechen waren.[3])

Um für die Verbreitung oder Begrenzung der auftretenden Formen auch den so wichtigen Einfluss der Flächenausdehnung zu überblicken, ist jetzt die Kartenskizze noch beigefügt, welche ich zuerst mit dem „Berichte“ [4]) an die k. Akademie über die für unsere Sammlungen in der königl. Burg zu Nürnberg gewährte Raumanweisung gegeben habe (d. d. 1. Dec. 1877).

In der Ausführung, welche ich nun für die Nova Acta mit Revision bis November 1879 vornahm, konnte ich im nordwestlichen Hochasien auch die neueren Ergebnisse für Ost-Turkistán und für das Pámir-Hochland dabei berücksichtigen.

Als „Reisewege“[5]) sind in dieser Karte ebenso wie unsere eigenen Routen noch jene eingetragen, auf welchen unser Gefolge zum Theil in Nebenmärschen zu reisen hatte; letzteres musste vorzüglich zur Vervollständigung des Sammelns geschehen, und wurde auch einige Zeit nach unserer Abreise noch fortgesetzt. —

3) In meiner Abhandlung „Die Anlage des Herbariums während der Reisen und Erläuterung der topographischen Angaben“, Denkschrift der k. bayer. Akad. der Wiss. II. Cl. XII. Bd. 1876, hatte ich in alphabetischer Reihenfolge für jede Localität die Höhenzahl bereits angegeben.

4) „Da ich mich in der Herstellung der Karte auf die Reduction von 1:16½ Millionen beschränkte, habe ich von den Gebirgsregionen sowohl Hochasiens als auch der indischen Halbinsel nur die für die allgemeine Gestaltung charakteristischen Kammlinien markirt; es wurde hiedurch möglich, dass in der Darstellung auch die Flussnetze sowie die Lage der Hauptorte genügende Deutlichkeit erhielten.“ Ber. S. 339.

5) In den „Results“ enthält Vol. I, p. 11—35 in tabellarischer Zusammenstellung zugleich die Zeit in Verbindung mit dem Detail der Vertheilung der Routen. Auf der hiezu gegebenen ausführlichen Karte im „Atlas“ sind für unsere eigenen Routen, durch verschiedene Art der Einzeichnung, die Märsche eines jeden einzeln zu übersehen.

Die 7 neuen Species, welche, nebst Erläuterung der Abbildungen, auf den 3 Tafeln der Abhandlung gegeben wurden, sind die hier folgenden; auf die systematische Definition im Sitzungs-Berichte des 9. Februar 1878 ist durch die beigefügten Seitenzahlen hingewiesen.

Tafel*) 1.

1. *Pulicaria (Pterochaeta) Sakhiana* F. W. Klatt. Ein Ast, verkleinert. 1. Blüthe. 2. Staubgefässe. 3. Griffel mit den Narben. 4. Faden des innern Pappus. 5. Stäubchen aus dem Staubkolben. 6. Fruchtknoten mit dem äusseren Pappus. 7. Hüllkelch. 8 a und b. Kelchblätter. 9. Hochblatt. 10. Blüthenstiel. Fig. 1—10 vergrössert . . . Ber. S. 87.

2. *Artemisia Schlagintweitiana* F. W. Klatt. Ganze Pflanze, verkleinert. 1. Blüthe. 2. Narben. 3. Hüllkelchblatt. 4a und b. Obere Blätter. 5. Unteres Blatt. Fig. 1—5 vergrössert . . . . Ber. S. 90.

Tafel 2.

3. *Artemisia Kohatica* F. W. Klatt. Ganze Pflanze, verkleinert. 1. Blüthe. 2 a und b. Griffel mit den Narben. 3. Hüllkelchblatt. Fig. 1—3 vergrössert . . . . Ber. S. 91.

4. *Saussurea (Aplotaxis) stemmaphora* F. W. Klatt. Ganze Pflanze, verkleinert. 1 und 2. Blüthen. 3 und 4. Staubfaden. 5. Griffel und Narben. 6. Pappus. 7. Haare des Receptaculums. 8. Receptaculum. 9 a, b und c. Fruchtknoten. 10 a und b. Involucralschuppen nach innen. 11. Laubblatt . Ber. S. 93.

---

6) In der durchlaufenden Bezeichnung der Tafeln der „Nova Acta" sind die Bezifferungen: XXXVI, XXXVII und XXXVIII.

(Tafel 2.)

5. *Saussurea (Aplotaxis) chenopodifolia* F. W. Klatt. Oberer Theil der Pflanze, verkleinert. 1 a, b und c. Blüthen. 2. Staubgefässe. 3. Griffel mit Narben. 4. Pappus 5. Hüllkelch. 6 a und b. Hüllkelchschuppen, c. Hochblatt. 7. Laubblatt . . . . Ber. S. 91.

(Tafel 3.)

6. *Saussurea (Aplotaxis) Schlagintweitii* F. W. Klatt. Ganze Pflanze, verkleinert. 1. Blüthenkopf mit den äussern Involucralschuppen. 2. Vollständige Blüthe. 3. Krone mit der verdickten Röhre. 4. Staubgefässe. 5. Griffel und Narbe. 6. Pappusfäden. 7. Innere Involucralschuppe. 8. Ein Laubblatt. Fig. 2—6 vergrössert . . . . . Ber. S. 94.

7. *Prenanthes callosa* F. W. Klatt. Ganze Pflanze, verkleinert. 1. Vollständige Blüthe. 2. Pappus 3. Achaenium. 4. Involucrum. 5 a und b. Involucralschuppen. 6. Blattrand. Fig. 1—6 vergrössert . . . . Ber. S. 98.

Ausser diesen beschreibt Dr. Klatt noch unverändert:

Jurinea rosulata F. W. Klatt und *J. gnaphaloides* F. W. Klatt . . . . Ber. S. 96.

Als Aenderungen in der Definition der übrigen Compositen, welche als n. sp. im Sitzungs-Berichte vorliegen, sind die hier folgenden Bezeichnungen jetzt anzugeben.

Aster scaposus F. W. Klatt . . . . . Ber. S. 84
jetzt *Aster asperrimus* Wall.

Inula polycephala F. W. Klatt . . . . . Ber. S. 85
jetzt *Inula cuspidata* Clarke.

Inula verrucosa F. W. Klatt . . . . . Ber. S. 86
jetzt *Inula Thomsonii* Clarke.

Allardia incana F. W. Klatt . . . . . Ber. S. 88
jetzt *Allardia vestita* Hook. fil. et Thoms.

Chrysanthemum (D. Pyrethra) artemisiaefolium F. W. Klatt . . . . Ber. S. 88
jetzt *Chrysanthemum (D. Pyrethra) tibeticum* Hook. fil. et Thoms.

Saussurea acaulis F. W. Klatt . . . . . Ber. S. 91
jetzt *Saussurea Thomsonii* Clarke.

Saussurea (Aplotaxis) setifolia F. W. Klatt Ber. S. 95
jetzt *Saussurea (Aplotaxis) subulata* Clarke.

Ainsliaea glumacea F. W. Klatt . . . . Ber. S. 97
jetzt *Ainsliaea angustifolia* Hook. fil. et Thoms.

Sitzung vom 4. December 1880.

Herr v. Jolly spricht:

„Ueber Volumänderungen einiger Metalle beim Schmelzen"[1]; von F. Nies und A. Winkelmann.

§ 1.

Einleitung.

Im Allgemeinen ist man geneigt, den Satz von der Ausdehnung der Körper bei Erhöhung der Temperatur und Zusammenziehung derselben bei Abkühlung auch auf den Uebergang aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand und vice versa auszudehnen, und in Folge dessen dem flüssigen Körper ein kleineres specifisches Gewicht, als dem festen gleicher Natur und gleicher Temperatur zuzuschreiben. Körper, von denen man erfahrungsgemäss das Gegentheil weiss, (für alle Beobachter das Eis, für viele unter andern das Eisen) werden als Ausnahmen gegenüber der sonstigen allgemeinen Gültigkeit des Satzes bezeichnet. Die Literatur bietet nicht viele Arbeiten dar, welche die Untersuchungen im Zusammenhange auf mehrere Körper ausdehnen; die ausführlichste verdanken wir H. Kopp[2], welcher seine Unter-

---

1) In der geologischen Section der Naturforscher-Versammlung zu Danzig wurde am 23. Sept. 1880 über die vorliegende Arbeit referirt.

2) H. Kopp. Ann. der Chemie u. Pharm. B. 93. p. 129. (1855).

suchungen auf Phosphor, Schwefel, Wachs, Stearinsäure, Stearin, Eis, Chlorcalcium, phosphorsaures Natron, unterschwefligsaures Natron und Rose's Metall ausdehnte und nachwies, dass alle diese Körper beim Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand eine Volumvergrösserung erfahren. Für die Metalle weichen die Angaben der einzelnen Autoren hinsichtlich der Aenderung der Dichte beim Schmelzen vielfach von einander ab, und ist bisher noch kein einziges Metall von allen Beobachtern in gleichem Sinne beurtheilt. Nachdem desshalb Einer von uns bei Gelegenheit einer andern Untersuchung auf die Thatsache aufmerksam wurde, dass ein gewöhnlich nicht unter den Ausnahmen aufgeführter Körper, Zinn, im festen Aggregatzustande leichter, als im gleich temperirten flüssigen ist, so erschien es uns wünschenswerth, gemeinsam auch andere Körper, zunächst sonstige Metalle auf das Verhältniss der Dichte im festen und flüssigen Zustande zu prüfen. Zugleich aber sollten sich diese Studien auch auf den Versuch erstrecken, etwaige Dichtigkeitsdifferenzen numerisch zu bestimmen. Ueber die hierzu ausgeführten Experimente soll im Folgenden referirt werden [1]).

Die Resultate sind nach der Reihenfolge, in welcher wir die Metalle untersuchten, zusammengestellt, so zwar, dass bei jedem einzelnen Metalle ein erster § die in der Literatur enthaltenen Notizen, ein zweiter § den Gang unserer eigenen Experimente angibt. Am Schlusse der Arbeit enthält § 16 eine Zusammenstellung der Versuchsresultate und § 17 einige Bemerkungen über das Verhalten der Legirungen und der Silikate.

---

1) Wir sind Herrn Prof. v. Wolff, dem Vorstande der hiesigen landwirthschaftlichen Versuchsstation, und den beiden Versuchsdirigenten dieser Anstalt, Herrn Dr. Kreuzhage und Herrn Dr. Kellner für mehrfache Unterstützung zu Dank verpflichtet.

§ 2.

Zinn. Literatur.

Unter den Arbeiten, welche eine Mehrzahl von Metallen in Bezug auf die Dichtigkeitsverhältnisse im festen und im geschmolzenen Zustande behandeln, ist ein Aufsatz von Réaumur [1]) zu erwähnen. Zum Vergleich mit Eisen prüfte derselbe eine Reihe von sonstigen Metallen und zwar unter Anwendung von drei Methoden. Er suchte zunächst Körper im festen Aggregatzustande auf dem geschmolzenen Materiale zum Schwimmen zu bringen; oder er füllte Gefässe mit dem flüssigen Metalle und beobachtete die Oberfläche nach dem Erkalten; Concavität wird auf Zusammenziehung, Convesität auf Ausdehnung im Momente der Erstarrung gedeutet. Endlich übergoss er ein auf dem Grunde des Giessgefässes liegendes festes Stück mit dem geschmolzenen Material dieser Substanz; steigt hierbei das feste Stück auf, so wird von Réaumur selbst diese Art des Nachweises einer Ausdehnung beim Erstarren als die sicherste bezeichnet.

Hinsichtlich des Zinns gibt Réaumur an, dass es beim Erkalten eine concave Oberfläche erhält, sich also beim Uebergang aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand verdichte und zwar weniger, als Blei, etwas stärker als Kupfer; im übrigen verhalte sich Zinn ähnlich wie Blei und bereite, wie dieses der Beobachtung besondere Schwierigkeit, weil es bei zu hoher Temperatur leicht wegschmelze, bei zu niedriger aber dickflüssig werde. Ausser Reproductionen dieser Réaumur'schen Angabe, Zinn ziehe sich beim Erkalten zusammen, ist uns aus der Literatur nur Marx [2]) Notiz bekannt, „Zinn scheint beim Erstarren keine Ausdehnung, sondern eher eine Zusammenziehung zu erleiden".

1) Réaumur. Histoire de l'académie royale des sciences p. 7. (1726); ausführlicher in „Mémoires de mathematique et physique" p. 273. (1726).

2) Marx. Schweizer-Seidel's Jahrbuch der Physik u. Chemie. B. 58. p. 454. (1830).

§ 3.

Zinn. Experimente.

Unsere eigenen auf Zinn bezüglichen Experimente sind in Kürze folgende: Das Zinn wurde in einem starken cylindrischen Gefäss von Kupfer, 14 cm hoch und 11 cm Durchmesser, geschmolzen und der Schmelzpunkt zu 226,5° C. bestimmt. Um die grosse Menge Zinn von etwa 7 Kilo, welche das Kupferbad enthält, auf einer möglichst gleichmässigen Temperatur zu erhalten, war das Kupfergefäss von zwei Eisencylindern im Durchmesser von 13 resp. 15 cm umgeben und es gelang auf diese Weise, die Temperatur in den verschiedenen Theilen des Bades nahezu gleich (bis auf eine Differenz von 0,1° bis 0,2°) zu erhalten. Der Beweis hiefür wurde dadurch beigebracht, dass das Thermometer, an verschiedenen Stellen des Bades eingeführt, keine grössern Differenzen erkennen liess; auch wurde mehrfach mit zwei Thermometern gleichzeitig die oben erwähnte Beobachtung wiederholt.

Das Zinn zeigt sehr deutlich die fundamentale Erscheinung, um deren Nachweis es sich hier vor Allem handelt, dass das feste Metall in dem flüssigen schwimmt. Es ist bekannt, dass man einen Körper, welcher specifisch schwerer als eine Flüssigkeit ist, auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmend erhalten kann, wenn man nur dafür Sorge trägt, dass der Körper vorsichtig aufgelegt wird, so dass die Flüssigkeit den Körper nicht vollständig bedeckt. Ein solcher Körper sinkt aber zu Boden, sobald man ihn ein Mal untertaucht. Von dieser Art des Schwimmens soll im Folgenden abgesehen werden, so dass ein Körper von uns nur dann als schwimmend bezeichnet wird, wenn derselbe nach dem Untertauchen sich wieder bis zur Oberfläche der Flüssigkeit oder mit einzelnen Theilen darüber hinaus-

hebt. Ein Versuch dieser Art wird im Folgenden „Fundamentalversuch“ genannt.

Um mit Sicherheit ein festes Stück zu gewinnen, welches der Substanz nach mit dem flüssigen Metall vollkommen übereinstimmt, wurde die ganze Masse zunächst geschmolzen, und dann mit einem Löffel ein Theil herausgehoben und der Erkaltung ausgesetzt. Wurde dann die erkaltete Masse in das flüssige Metall, dessen Temperatur die des Schmelzpunktes war, gebracht, so sank zunächst der feste Körper unter, erhob sich aber nach einiger Zeit bis zur Oberfläche und ragte stellenweise über dieselbe hinaus. Ein nachfolgendes Untertauchen mit einem Glasstabe hatte immer denselben Erfolg: Der Körper stieg sehr schnell wieder in die Höhe, sobald die untertauchende Kraft zu wirken aufgehört hatte.

Aus diesen Versuchen geht zunächst hervor, dass das feste Metall in niedriger Temperatur dichter als das flüssige Metall ist, dass aber in höhern Temperaturen das Umgekehrte der Fall ist: Das feste Metall ist weniger dicht, als das flüssige.

Um uns von der Richtigkeit dieses Resultates noch weiter zu überzeugen, versuchten wir das feste Metall vor dem Untertauchen so weit zu erwärmen, dass es nach dem Untertauchen sofort wieder in die Höhe stieg und nicht zuerst, wie früher von dem kalten Metall erwähnt wurde, untersank. Wir erreichten dies nach einigen Versuchen in folgender Weise: Es wurde ein Gussstück festen Zinns von der Form eines rechtwinkeligen Parallelpipeds im Gewichte von etwa 300 gr hergestellt, und dieses nach der Erkaltung vorsichtig auf die vorher gereinigte Oberfläche des flüssige Zinns gelegt, so dass ersteres nicht untersank. Bestimmt man dann die Zeit, so lässt sich leicht angeben, wie lange man mindestens warten muss, um die Masse soweit sich erwärmen zu lassen, dass ein nachfolgendes durch einen

Glasstab bewirktes Untertauchen das feste Stück nicht tiefer sinken lässt. Wartet man diese Zeit ab, so steigt das feste Metall nach dem Untertauchen sogleich wieder zur Höhe; taucht man hingegen das Metall vor Ablauf der betreffenden Zeit unter, so sinkt es zunächst zu Boden, um erst nach hinreichender Erwärmung in der Tiefe wieder an der Oberfläche zu erscheinen.

Es ist der Wunsch naheliegend, die Differenz der Dichten, welche in dem festen und flüssigen Metall nach Obigen vorhanden ist, auch durch Zahlen auszudrücken. Eine Bestimmung dieser Art ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden, deren Ueberwindung uns erst nach manchen vergeblichen Versuchen theilweise gelungen ist.

Zunächst versuchten wir direkt den Auftrieb zu bestimmen, den das feste Metall im flüssigen erfährt. Zu diesem Zwecke wurde in eine parallel pipedische Form flüssiges Zinn um einen Kupferdraht gegossen und dieser Körper nach dem Erkalten gewogen. Dann wurde die Waage so aufgestellt, dass das Ende des einen Arms derselben in einer Entfernung von etwa 30 cm oberhalb des flüssigen Metalles sich befand und an diesem Arm mittels eines passenden Drahtes der Zinnkörper so aufgehängt, dass derselbe in das flüssige Zinn bis zu einer bestimmten Tiefe eintauchte. Es zeigte sich aber bald, dass es nicht möglich war, den Gewichtsverlust des festen Metalls in dem flüssigen auf diese Weise zu bestimmen. In Folge der verschiedenen Ausdehnung von Zinn und Kupfer löst sich das feste Zinn vom Kupfer ab und vereitelte jedes Mal den Versuch. Alsdann versuchten wir dem Draht durch Biegung eine solche Form zu geben, dass das um denselben gegossene Zinn sich nicht mehr loslösen konnte. Es gelang dies vollständig, aber eine neue Schwierigkeit liess auch diese Versuche nicht zu dem gewünschten Ziele gelangen. Da der Kupferdraht, welcher in dem festen Zinn sich befand, aus der Oberfläche

des flüssigen Zinns hervorragte, so setzten sich beim Hin- und Herschieben der Waage immer kleine Theile flüssigen Zinns an den Draht an, welche alsbald fest wurden, wenn der Draht in die Höhe gehoben wurde, und theilweise wieder verschwanden, wenn der Draht tiefer in die flüssige Masse eintauchte. Durch Steigerung der Temperatur konnte man diese Fehlerquelle allerdings bedeutend reduciren, indessen war sie doch immer bei dem ziemlich dicken Draht, der für diese Zwecke nothwendig anzuwenden war, noch zu gross, um irgend zuverlässige Resultate zu liefern. Eine Steigerung der Temperatur des Zinnbades hatte aber noch den weiteren Uebelstand, dass das feste Zinn, dessen Gewichtsverlust besimmt werden soll, schnell abschmilzt, und auch eine nachträgliche Wägung in der Luft, welche ohnehin wegen der nie ganz zu vermeidenden Schmelzung nothwendig ist, kann diesen Uebelstand nicht beseitigen. Zu all' diesem kommt noch, dass beim Herausheben des festen Zinns aus der flüssigen Masse ein Theil der letztern sich an das feste Metall anlegt, so dass sich niemals ganz genau das wahre Gewicht des festen Metalls, welches in dem flüssigen vorhanden ist, angeben lässt. Ein Fehler in dieser Hinsicht hat aber auf das Resultat einen bedeutenden Einfluss, da derselbe sich vollständig auf die gesuchte Grösse, die Gewichtsdifferenz gleicher Volumina flüssigen und festen Metalls, wirft, ein Einfluss, der desshalb so stark wirkt, weil die genannte Differenz immer sehr gering ist. Wir gaben daher diese Methode auf und suchten nach einer andern, welche eine genügende Genauigkeit zu liefern im Stande ist.

Bringt man in ein Stück festen Zinns einen specifisch schwereren Körper, so muss es ein bestimmtes Gewichtsverhältniss beider geben, bei welchem der zusammengesetzte Körper gerade das specifische Gewicht des flüssigen Zinns besitzt; dieser Körper in das flüssige Zinn eingetaucht wird überall im Gleichgewicht sich befinden. Es wäre nun diese

Methode leicht anwendbar, wenn man beim flüssigen Zinn diesen Gleichgewichtszustand des festen Körpers zu bestimmen und zu controlliren im Stande wäre, wenn also das flüssige Metall durchsichtig wäre. Da dies nicht der Fall, haben wir Grenzbestimmungen nach beiden Seiten in folgender Weise versucht. Nimmt man p. gr festen Zinns, in welchem der Reihe nach je x_1, x_2, x_3 . . . . . x_n gr Kupfer eingeschlossen sind, wo

$$
\begin{array}{c}
x_1 < x_2 \\
x_2 < x_3 \\
\vdots \quad \vdots \\
x_{n-1} < x_n
\end{array}
$$

und nimmt man ferner an, dass das Zinnstück mit x_1 gr Kupfer einen Auftrieb erfährt, dagegen das Stück mit x_n gr Kupfer niedersinkt, so lässt sich das Verhältniss der specifischen Gewichte vom festen und flüssigen Zinn in zwei Grenzen einschliessen. Man hat nämlich unter der Voraussetzung, dass

S das specifische Gewicht des flüssigen Zinns		bei der
s „ „ „ „ festen „	}	Temperatur
aS „ „ „ „ Kupfer		t

bedeute, wo $a > 1$,
folgende Beziehungen

$$
\left.
\begin{array}{l}
\frac{p}{s} + \frac{x_1}{aS} > \frac{p + x_1}{S} \\[2ex]
\frac{p}{s} + \frac{x_n}{aS} < \frac{p + x_n}{S}
\end{array}
\right\} \quad (1)
$$

daher:

$$
1 + \frac{x_n}{p}\left(1 - \frac{1}{a}\right) > \frac{S}{s} > 1 + \frac{x_1}{p}\left(1 - \frac{1}{a}\right) \quad (2)
$$

die Grenzen, in welchen $\frac{S}{s}$, — das Verhältniss der specifischen Gewichte des flüssigen zum festen Zinn — nach der obigen Gleichung eingeschlossen ist, werden um so enger, je geringer die Differenz $x_n - x_1$ wird.

Nach diesem Gedanken sind die Versuche ausgeführt. Es wurde in ein parallelopipedisches Gefäss flüssiges Zinn aus dem benutzten Bade bis zur Hälfte eingefüllt, alsdann ein bekanntes Gewicht Kupfer eingetaucht und nun das Gefäss mit Zinn vollgefüllt. Auf diese Weise war eine bekannte Kupfermasse in das Zinn eingeschlossen. Nach dem Erkalten des Körpers wurde derselbe vorsichtig auf das schmelzende Zinn gelegt und eine bestimmte Zeit dort belassen. Alsdann wurde der Körper untergetaucht und beobachtet, ob derselbe wieder an der Oberfläche zum Vorschein kam oder nicht. War das erstere der Fall, so wurde derselbe meistens noch ein Mal untergetaucht, um die Beobachtung zu wiederholen. In jedem Falle wurde der Körper aus dem Bade herausgehoben, um eine Wägung vornehmen zu können. Es war dies unbedingt erforderlich, weil das Gewicht der herausgehobenen Stücke, auch wenn dasselbe vor dem Eintauchen gleich war, nachher sehr verschieden sein konnte und auch thatsächlich war. Beim ersten Auflegen des kältern festen Stückes auf das flüssige Metall setzte sich zuerst eine nicht unbeträchtliche Menge des Metalls an das feste Stück durch Abkühlung fest. Dieses schmolz dann allmählig, besonders nach dem Untertauchen, nach und nach ab und dehnte sich dieser Schmelzungsvorgang auch auf die ursprünglich eingeführte Masse aus.

Von den Versuchen führen wir nur einige an, welche sich schon in der Nähe der Grenze bewegen.

Nummer des Versuches	Gewicht des Zinns in gr p	Gewicht des in dem Zinn eingeschlossenen Kupfers x	Beobachtung, ob das Zinn mit Kupfer in dem flüssigen Zinn schwimmt oder nicht
1	764,0	8,81	schwimmt
2	324,0	8,39	„
3	230,0	8,39	„
4	321,0	15,81	schwimmt nicht
5	433,0	15,81	„ „

Aus diesen Versuchen lassen sich nach der Gleichung (2) die Grenzwerthe berechnen, sobald die Grösse a bekannt ist. Nach der Definition gibt a S das specifische Gewicht des Kupfers bei der Temperatur des geschmolzenen Zinns an, und da ferner S das specifische Gewicht des flüssigen Zinns bei derselben Temperatur darstellt, so folgt, dass a das specifische Gewicht des Kupfers bezogen auf das flüssige Zinn als Einheit bedeutet.

Um diese Grösse direkt zu erhalten, wurde eine Kugel von Kupfer, in welche ein Kupferdraht von 0,2 mm Durchmesser versenkt war, in dem flüssigen Zinn gewogen, um den Gewichtsverlust zu bestimmen, den dieselbe erfuhr. Bei diesen Versuchen war die Temperatur des schmelzenden Zinns über die Temperatur des Schmelzpunkts absichtlich nicht unbeträchtlich erhöht, um durch diese Massregel das stärkere Anhaften des Zinns an dem hervorragenden Draht möglichst zu vermeiden; auf die Aenderung, welche die Grösse a durch diese Temperatursteigerung erfährt, und den Einfluss, welchen dieselbe auf das gesuchte Resultat ausübt, werden wir später eingehen.

Das Gewicht der Kugel mit dem Stück vom Kupferdraht, welches später in das Zinnbad eintauchte, betrug in der Luft 74,28 gr. Es wurden zwei Versuche ausgeführt,

um den Gewichtsverlust im schmelzenden Zinn zu bestimmen; in beiden Versuchen war die Temperatur nahezu 250° C. und betrug das Gewicht der Kugel mit Draht unter Zinn beide Mal 14,2 gr, wodurch der Gewichtsverlust gleich 60,08 wird.

Hieraus berechnet sich die Grösse a

$$a = \frac{74,28}{60,08} = 1,236$$

Es mag hier schon bemerkt werden, dass die Wägung der Kugel unter Zinn nur bis auf 0,1 gr ausgeführt wurde, da eine grössere Genauigkeit unter den obwaltenden Verhältnissen nicht erreichbar war, eine Genauigkeit, welche für die vorliegende Frage übrigens vollständig ausreicht.

Berechnet man mittels des angegebenen Werthes von a das Verhältniss des specifischen Gewichtes vom flüssigen zum festen Zinn $\frac{S}{s}$ nach der Formel

$$\frac{S}{s} = 1 + \frac{x}{p}\left(1 - \frac{1}{a}\right) \quad (3)$$

indem man für p und x die Werthe der oben angegebenen fünf Versuche einsetzt, so erhält man

Nr. des Versuchs	$\frac{S}{s}$
1	1,00220
2	1,00495
3	1,006967
4	1,00940
5	1,006969

Nach den früheren Darlegungen mussten die drei ersten Versuche zu k l e i n e Werthe für $\frac{S}{s}$ liefern, weil bei ihnen das Zinnstück mit dem eingeschlossenen Kupfer in dem

flüssigen Metall schwimmt; bei den zwei letzten Versuchen ist das Umgekehrte der Fall. Bezeichnet man daher den wahren Werth von $\frac{S}{s}$ mit W, so ist der direkte Ausdruck der Versuche:

$$\left.\begin{array}{r}1{,}00220\\1{,}00495\\1{,}006967\end{array}\right\} < W$$

$$\left.\begin{array}{r}1{,}006969\\1{,}00940\end{array}\right\} > W$$

Der grösste Werth der drei ersten und der kleinste Werth der zuletzt genannten Versuche liegen so nahe zusammen, wie wir sie bei andern Metallen nicht finden konnten, und wie es auch hier nur einem glücklichen Zufall zu verdanken ist. Man kann daher den Werth

1,00697 oder kürzer 1,0070

als den richtigen für $\frac{S}{s}$ betrachten. Hiernach ist also das specifische Gewicht des flüssigen Zinns um nahezu 0,7 Proc. grösser, als jenes des festen Metalls bei der gleichen Temperatur des Schmelzpunkts. Die angegebene Differenz von 0,7 Proc. ist eine Grösse, welche das früher von uns mitgetheilte Resultat, dass das flüssige Metall dichter, als das feste bei gleicher Temperatur ist, ausser allen Zweifel stellt.

Es erscheint uns aber nicht unwichtig, die Genauigkeit anzugeben, welche mittels der von uns befolgten Methode für das Verhältniss der specifischen Gewichte des flüssigen und festen Metalls erreicht wird. Aus den Werthen, welche die Grösse $\frac{S}{s}$ als Grenzen einschliessen, und welche sehr nahe bei einander liegen, könnte man vielleich den Schluss

ziehen, dass die Methode einen Werth für $\frac{S}{s}$ liefert, welches noch bis in die fünfte Decimale richtig ist. Eine nähere Betrachtung der Fehlerquellen lässt indess darthun, dass eine solche Genauigkeit nicht erreichbar ist.

Die gesuchte Grösse $\frac{S}{s}$ hängt von drei Grössen, dem Gewichte x des Kupfers, jenem p des Zinns und dem specifischen Gewichte a des Kupfers, bezogen auf flüssiges Zinn als Einheit, ab. Die Gewichtsbestimmung des Kupfers, welche aus dem Versuche mit grosser Genauigkeit vorzunehmen ist, unterliegt keinem Fehler, welcher auf das Resultat von Einfluss sein könnte. Anders verhält es sich bei der Bestimmung von p. Das Gewicht des Zinns wurde dadurch ermittelt, dass das feste Zinn aus dem schmelzenden Metalle herausgehoben und das Gewicht dieser Masse nachträglich bestimmt wurde. Bei dem Herausheben kann sich nun sehr leicht ein früher flüssiger Theil an das feste Metall ansetzen und während des Heraushebens so weit erkalten, dass er später mit dem festen Metall vollständig verbunden erscheint; es wird daher das von uns bestimmte Gewicht p nie zu klein, wohl aber zu gross sein können. Wie viel in jedem einzelnen Falle der Fehler beträgt, lässt sich nicht angeben, wohl aber können wir voraussetzen, dass ein Fehler von 10 gr nicht überschritten wurde. So bedeutend dieser Fehler in der Gewichtsbestimmung erscheint, so ist der Einfluss desselben auf das schliessliche Resultat doch nicht sehr gross. Nimmt man in dem Versuche Nr. 5 statt des beobachteten Gewichtes 433 gr für p den Werth von 423 an, so erhält man für $\frac{S}{s}$ anstatt 1,006969 jetzt den Werth 1,007134; der Fehler von 10 gr in p ändert also den Werth $\frac{S}{s}$ erst um 0,016 Proc.

Was endlich den Werth von a oder das specifische Gewicht des Kupfers, bezogen auf das flüssige Zinn bei der Temperatur des schmelzenden Zinns angeht, so liegen hier zwei Fehlerquellen vor, welche diesen Werth beeinflussen können. Zunächst wurde der Werth bei einer höheren Temperatur, als jener des schmelzenden Zinns bestimmt, nemlich bei etwa 250°. Es würde diese Bestimmung keinen Fehler involviren, wenn das feste Kupfer und das flüssige Zinn innerhalb des Temperaturintervalls von 226,5° bis 250° sich gleichmässig ausdehnten. Da man die Ausdehnung des flüssigen Zinns nicht kennt, so lässt sich der Fehler, welcher in der gemachten Voraussetzung liegt, nicht bestimmen, wohl aber lässt sich zeigen, dass derselbe jedenfalls einen sehr geringen Einfluss auf das Resultat ausübt. Nach den Ausdehnungscoefficienten, welche von Matthiesen für Zinn und Kupfer angegeben sind, beträgt der mittlere lineare Ausdehnungscoefficient von 0° bis 100° beim Zinn 0,00002296 und beim Kupfer 0,00001666. Berechnet man hiernach die Aenderung, welche das specifische Gewicht des Kupfers erfährt, wenn dieses auf Zinn von gleicher Temperatur als Einheit bezogen wird, so findet man, dass diese Aenderung für eine Temperaturerhöhung von 0° bis 100° nur 0,18 Proc. beträgt. Mag nun auch die Differenz des Ausdehnungscoefficienten von Kupfer und flüssigem Zinn grösser sein, als jene der festen Metalle, so wird die fragliche Aenderung für eine Temperatursteigerung von nur 25° doch kaum 0,2 Proc. überschreiten.

Die zweite Fehlerquelle in der Bestimmung von a liegt in der Ungenauigkeit, welche mit der Wägung der Kupferkugel in dem flüssigen Metall nothwendiger Weise verbunden ist. Nimmt man hier einen Fehler von 0,2 gr so an, dass a zu klein bestimmt sei, und nimmt man ferner aus den oben genannten Gründen noch einen Fehler von 0,2 Proc. hinzu, so würde man statt 1,236 den Werth 1,242 für a

erhalten und damit würde beim fünften Versuche der Werth von $\frac{S}{s}$ anstatt 1,006969 gleich 1,00715 werden.

Wie man sieht haben die angenommenen Fehler in a einen Einfluss von 0,018 Proc. auf das schliessliche Resultat des Werthes von $\frac{S}{s}$. Lässt man nun alle Fehler in dem gleichen Sinne wirken, so dass das Resultat von $\frac{S}{s}$ durch jeden einzelnen vergrössert wird, so erhält man bei dem fünften Versuche statt des Werthes 1,00697 den Werth 1,00731. Dieser Werth unterscheidet sich von dem gefundenen nur um 0,034 Proc. und daher geht man gewiss nicht zu weit, wenn man der Methode eine bis auf 0,03 Proc. reichende Genauigkeit zuschreibt. Dieses so äusserst günstige Resultat liegt darin, dass die Methode streng genommen nicht direkt den Werth $\frac{S}{s}$ bestimmt, sondern vielmehr die Differenz $\left(\frac{S}{s} - 1\right)$ und diese Differenz wird nur bis auf etwa 4 Proc. genau angegeben. Jedenfalls würde eine getrennte Bestimmung der specifischen Gewichte des festen und flüssigen Metalls uns nicht erlaubt haben, so genau die gesuchte Grösse festzustellen, da dann bei jeder Bestimmung eine Genauigkeit von 0,017 Proc. erforderlich gewesen wäre.

Betrachtet man nun die Grösse $\frac{S}{s}$ 1,0070 selbst, so wird man am besten darüber orientirt, wenn man eine Vergleichung mit andern Grössen anstellt. Bezeichnet man das specifische Gewicht des festen Zinns bei 100° mit s_{100}, bei 0° mit s_0, so ist nach den Versuchen von Matthiesen $\frac{s_0}{s_{100}} = 1,00689$. Es ist hiernach also die Differenz zwischen den Dichten des festen und flüssigen Zustandes bei der

Temperatur des schmelzenden Metalls fast ebenso gross, als jene bei den Temperaturen 0° und 100° für das gleiche Metall. So ist es wahrscheinlich, dass das flüssige Metall auch in höhern Temperaturen eine grössere Dichtigkeit als das feste Metall besitzt. Eine Prüfung dieser Folgerung suchten wir dadurch zu erreichen, das das Metallbad bis etwa 260° erwärmt wurde und dann ein bereits hoch erwärmtes Stück festen Metalls in dasselbe eingesenkt wurde. Es wurde dieses Metallstück, unserer Erwartung entsprechend, von der flüssigen Masse getragen, wenn auch ein rasches Abschmelzen und dadurch Aufgehen in die flüssige Masse eintrat.

§ 4.

Blei. Literatur.

Réaumur's Experimente mit Blei sind bereits § 2 erwähnt: sie führten ihn zu dem Resultate, dass festes Blei schwerer sei, als flüssiges. Marx[1]), der drei Arbeiten über einschlägige Untersuchungen publicirte, bestätigt Réaumur's Befund, indem er betont, dass nur flache Stücke mit der breiten Seite aufgelegt sich schwimmend erhielten, während sie mit der scharfen Kante hineingestossen, untersanken. Nach Whitley[2]) verhält sich Blei wie Messing, d. h. Stücke schwimmen nicht nur auf dem flüssigen Material, sondern steigen auch hinuntergestossen an die Oberfläche zurück, während es Millar[3]) zwar gelang, aufgerollte Plättchen schwimmend zu erhalten, nicht aber grössere sphäroidische Stücke.

---

1) Marx. Schmeigger-Seidel Jahrbuch der Chem. u. Phys. B. 58. p. 454. (1830). Ebenso 60 B. p. 1. (1830). Journal für prakt. Chem. B. 22. p. 135. (1841).

2) Whitley. Nature B. 18. p 398. (1878).

3) Millar. Nature B. 16. p. 24. (1877).

§ 5.

Blei. Experimente.

Wir haben das Metall in demselben Gefässe von Kupfer, welches früher schon das Zinn aufgenommen hatte, in einer Masse von 10 Kilo geschmolzen und zunächst den „Fundamentalversuch" auszuführen gesucht. Die Experimente mit Blei sind gegenüber jenen mit Zinn schwieriger, weil das Blei einer höhern Temperatur zur Schmelzung bedarf, dann aber auch, weil dasselbe nur etwa halb so gut wie Zinn die Wärme leitet, und es daher einerseits weniger leicht zu erreichen ist, die ganze Masse auf gleicher Temperatur zu halten, andererseits längerer Zeit bedarf, um das in die flüssige Masse eingeführte Metall auf die Temperatur des Schmelzpunktes zu erhöhen. Wurden gegossene Bleistücke, welche aus der Masse des Bades genommen wurden, in das flüssige Metall eingetaucht, so kamen nach einigen Sekunden kleine Theilchen an die ruhig gehaltene Oberfläche, wie sich daraus ergab, dass die an der Oberfläche sich bildende Haut von oxydirtem Blei durch diese Theilchen gehoben wurde, ohne dass letztere aber die Oberfläche durchbrachen. Es ist uns aber n i c h t gelungen, feste Theilchen aus dem flüssigen Metall wieder herauszuheben, von denen wir mit Sicherheit hätten behaupten können, dass sie zu dem ursprünglich eingetauchten festen Metall gehörten. In Folge dieses Mangels wurden wir unsicher, ob der von uns beobachtete Auftrieb wirklich von Theilchen festen Bleies herrührte, und gaben dem Gedanken Raum, dass die Erscheinung durch aufsteigende Luft veranlasst wurde, welche, an der Oberfläche des Metalls haftend, in das Bad durch das Eintauchen des letztern eingeführt sei. Um hierüber nähern Aufschluss zu erhalten, haben wir längere Stangen von Blei gegossen und diese in das flüssige Metall so eingeführt, dass das eine Ende der Stange nach oben aus dem Bade heraus-

sah. Auf diese Weise schmolz das feste Blei der Stange allmählich ab, und es war nicht möglich, dass festes Blei in dem Bade sich bewegt. Wäre nun aufsteigende Luft die Ursache der frühern Erscheinung gewesen, so hätte sich diese auch bei der jetzigen Einrichtung wiederholen müssen, es geschah dies aber niemals, obgleich wir sehr häufig den Versuch wiederholten. Ebenso oft haben wir aber Bleistücke vollständig eingetaucht und dann jedes Mal den oben beschriebenen Auftrieb beobachtet. Wir sind daher der Meinung, dass der mehrfach erwähnte Auftrieb in der That von festen Bleitheilchen herrührt, und dass desshalb, wenn auch ein vollkommen sicherer Beweis nicht zu liefern war, das feste Blei bei der Schmelztemperatur specifisch leichter als das flüssige Blei ist.

Dass wir nicht im Stande waren, feste Bleistückchen, welche nach dem Untertauchen an die Oberfläche zurückgekehrt waren, aus dem flüssigen Metall herauszuheben, scheint uns in mehreren Umständen begründet zu sein. Zunächst ist offenbar die sehr geringe Differenz der Dichten im festen und flüssigen Zustande die Hauptursache. Ferner hat das Blei ein geringes Vermögen für die Wärmeleitung, wodurch es bedingt wird, dass im Innern einer festen Bleimasse noch eine relative niedere Temperatur vorhanden ist, während die äussern Schichten schon der Schmelzung unterliegen. Hierzu kommt, dass die Schmelzwärme von Blei viel geringer ist, als bei den andern von uns untersuchten Metallen: nach Person ist die Schmelzwärme von

Zink	28,13
Zinn	14,25
Wismuth . . .	12,64
Blei	5,37

In Folge dieser geringen Schmelzwärme werden feste Stücke von Blei in dem Bade sehr schnell in den flüssigen Zustand übergeführt. Auch den von Millar (§ 4) bei seinen

Experimenten gefundenen Unterschied im Verhalten der Blättchen und dem der Kugeln sind wir geneigt auf die schlechte Wärmeleitung des Bleis zurückzuführen.

Schliesslich müssen wir noch bemerken, dass es sehr leicht gelingt, Bleistücke gewisser Art zum Schwimmen zu bringen, so dass sie auch nach dem Untertauchen wieder emporsteigen und aus der flüssigen Masse herausgehoben werden können. Giesst man nemlich Bleistücke von einer Masse, welche theilweise die frühere Oberfläche des flüssigen Bleis bildete, wodurch oxydirte Bleitheilchen mit in das Gussstück eingeführt werden, so erhält man ein Gussstück, welches specifisch leichter als das flüssige Metall nach dem Untertauchen sehr bald mit seiner fast ganzen Grösse wieder an der Oberfläche erscheint. Bei reinen Bleistücken, seien es Platten oder Kugeln, verhielt sich die Sache anders, so dass es uns, wie erwähnt, nicht möglich war, feste Stücke, welche an die Oberfläche kamen, aus der flüssigen Masse herauszuheben. Wesshalb wir dennoch aus unsern Versuchen den Schluss ziehen zu müssen glauben, dass das feste Metall specifisch leichter als flüssiges bei gleicher Temperatur ist, ist oben erörtert.

§ 6.

Zink. Literatur.

Réaumur (§ 2) fand, dass Zink mit flüssigem Zink übergossen aufsteigt und schwimmt, eine Methode des Nachweises der Ausdehnung bei der Erstarrung, die er selbst als die zuverlässigste unter den von ihm angewandten bezeichnet. Dennoch rechnet er Zink nicht zu den Körpern, die weniger dicht im festen als im flüssigen Zustande sind, weil dasselbe ihm beim Erkalten keine convexe Oberfläche lieferte; das Aufsteigen führt er auf die Hautbildung, d. h. oberflächliche Oxydation zurück. Auch nach Marx (§ 4)

zieht sich Zink beim Erkalten zusammen; es bilden sich Furchen, und Glasröhren mit dem flüssigen Metall gefüllt, springen quer, eine Erscheinung, die im Sinne der Zusammenziehung gedeutet wird, während Ausdehnung nach ihm Längssprengung erzeugt. Marx vertheidigt diese Beobachtung in seiner spätern Arbeit gegen Angaben Turner's (uns nur aus Marx Aufsatz bekannt), der dem Zink Ausdehnung beim Erkalten zuschreibt. Centner [1]) unterwarf Zink Experimenten, die ganz in Uebereinstimmung mit seinen Untersuchungen, Eisen betreffend, angeordnet waren. Er formte gleich schwere Massen (3,5 kgr) zu Platten, Cylindern und Kugeln und fand, dass nur erstere schwimmen. Ueber seine Ausdeutung dieser Resultate, sowie über unsere Bedenken gegen dieselbe, vgl. unter Eisen. (§ 13).

§ 7.

Zink. Experimente.

Unser Versuche mit Zink wurden ebenfalls in dem kupfernen Cylinder, der schon beim Zinn und Blei gedient hatte, ausgeführt, und zwar waren etwa 6 Kilo eingeschmolzen. Da das Zink eine sehr starke Oxydschicht bei der Erhitzung erhält, war es nothwendig, die oxydirten Massen an der Oberfläche häufig zu entfernen und durch neues Metall zu ersetzen. Das Resultat der folgenden Untersuchung war, dass das Zink mit dem bereits untersuchten Zinn die Eigenschaft theilt, dass das flüssige Metall specifisch schwerer als das feste Metall ist. Indessen ist die fragliche Differenz viel kleiner als beim Zinn, und hierin ist es theilweise begründet, wesshalb die Versuche nicht sofort eine sichere und deutliche Entscheidung geben. Die zweite Ursache liegt aber auch darin, dass das Metall sehr brüchig wird, wenn es bis in die Nähe des

1) Centner. Civilingenieur B. 9. p. 219. (1863).

Schmelzpunktes erwärmt wird. Bringt man grössere Stücke festen Metalls in die flüssige Masse und dauert es längere Zeit bis diese Stücke sich auch im Innern bis nahe der hohen Temperatur (360°) des Schmelzpunktes erwärmt haben, so ist die äussere Hülle der Stücke nur mehr sehr wenig zusammenhängend und es kommt häufig vor, dass dieselben in sehr kleine Theile auseinander bröckeln, wodurch der Versuch undeutlich wird. Da, wie erwähnt, die Differenz der Dichte des festen und flüssigen Zinks nur gering ist, so ist auch der Auftrieb des festen Metalls in der flüssigen Masse nur schwach. In Folge dessen können kleine Stücke, welche nur mit einer geringen Kraft von unten an die Oberfläche heransteigen, häufig die sich immerwährend bildende Oxydschicht nicht durchbrechen und verursachen nur eine geringe Wölbung derselben, eine Erscheinung, die nicht so deutlich zu erkennen ist, als die analoge beim Zinn.

Um den „Fundamentalversuch" am sichersten zu erhalten, haben wir Zinkplatten von möglichst glatter Oberfläche gegossen, die 2 bis 3 mm dick waren und verschiedene Grösse hatten. Wurden diese Platten auf die reine Oberfläche des flüssigen Metalls gelegt und dann nach kurzer Zeit untergetaucht, so kamen sie regelmässig wieder zum Vorschein; auch konnte man mit derselben Platte den Versuch mehrmals wiederholen, indem man dieselbe in dem flüssigen Metall liess und von Neuem untersuchte: sie kehrte dann wieder an die Oberfläche zurück. Hierdurch ist der Beweis geliefert, dass das flüssige Metall bei der Schmelztemperatur specifisch schwerer, als das feste Metall bei derselben Temperatur ist.

Wir versuchten dann ebenso wie beim Zinn das Verhältniss der Dichten des flüssigen und festen Metalls dadurch zu bestimmen, dass wir Kupfer in die Zinkmasse einschlossen und nun bestimmten, ob die so specifisch schwerere Combination in dem flüssigen Zink untersank

oder nicht. Es stellte sich bei diesen Versuchen eine Schwierigkeit ein, welche beim Zinn nicht aufgetreten war. Giesst man nemlich auf eine Platte mit Randerhöhungen flüssiges Zink und legt auf dasselbe ein Kupferstück, so erkaltet das Zink sehr schnell und es ist nicht möglich durch einen zweiten Guss über die Kupfermasse eine feste Verbindung der beiden Zinkmassen herzustellen; gleichzeitig liegt die Möglichkeit und die Gefahr nahe, dass sich Hohlräume bei den Berührungsstellen von Kupfer und Zink bilden, wodurch der Versuch illusorisch wird. Nach vergeblichem Bemühen, diesem Uebelstande zu entgehen, versuchten wir folgende Einrichtung. Ein Kupferstück wurde an einem feinen Kupferdraht in das flüssige Zink eingeführt und die Temperatur des Bades erniedrigt; es legt sich dann eine starre Masse des Metalls um das feste Kupfer, welche man herausheben und später untersuchen konnte. Es hat diese Methode aber den Nachtheil, dass die Oberfläche des festen Zinkes sehr rauh wird, wodurch beim spätern Eintauchen durch Anhaften von Luft eine neue Fehlerquelle möglich ist. Schliesslich haben wir in folgender Weise das gewünschte Ziel erreicht. Auf einer schwach erwärmten Eisenplatte wurde das flüssige Zink in Form einer Platte gegossen, in diese noch flüssige Masse wurde das vorher hoch erwärmte Kupfer, welches die Form von runden Plättchen, die etwa 1 mm dick waren, hatte, eingedrückt und wenn nöthig, noch eine dünne flüssige Zinkmasse darüber gegossen. Nach der ganzen Operation war der grösste Theil des Zinks noch flüssig und bildete das Gussstück nach dem Erkalten eine glatte und das Kupfer vollkommen und ohne Zwischenräume einschliessende Masse.

Wir theilen jetzt zunächst diejenigen Versuche mit, welche, nach der angegebenen Methode angestellt, die Grenzen für das Verhältniss $\frac{S}{s}$ ergaben.

Nummer des Versuchs	Gewicht des Zinks in gr p	Gewicht des in dem Zink eingeschlossenen Kupfers x	Beobachtung, ob das Zink mit Kupfer in dem flüssigen Metall schwimmt oder nicht
1	287,5	1,845	schwimmt
2	241,0	1,72	"
3	233,0	1,72	"
4	33,1	1,72	schwimmt nicht
5	292,0	2,93	" "
6	280,0	2,89	" "

Um aus diesen Angaben die Grenzen für $\frac{S}{s}$ — das Verhältniss der Dichte des flüssigen Metalls zum festen — zu erhalten, haben wir ebenso wie beim Zinn auch beim vorliegenden Metall die Grösse a oder das specifische Gewicht des Kupfers, bezogen auf das flüssige Zink, in der Nähe Schmelztemperatur als Einheit, bestimmt.

Bei dem ersten Versuche wog in der Luft die Kupferkugel mit Draht, so weit derselbe später eingetaucht wurde, 72,603 gr. Der Gewichtsverlust im flüssigen Zink 55,529 gr [1]). Daher die gesuchte Grösse

$$a = \frac{72,603}{55,529} = 1,3075$$

Beim zweiten Versuche war das Gewicht der Kugel mit Draht, soweit derselbe später eintauchte, 72,687 gr, der Gewichtsverlust im flüssigen Zink 55,762 gr; daher

1) Auch hier konnte der Gewichtsverlust nur bis auf 0,1 gr bestimmt werden; die weitern Decimalen der obigen Zahl rühren davon her, dass der nicht eingetauchte Theil des Drahtes mit seinem Gewichte berücksichtigt wurde. 1 cm des Drahtes wog 0,014 gr.

$$a = \frac{72,687}{55,762} = 1,3035$$

also im Mittel a = 1,3055.

Mit diesem Mittelwerthe von a erhält man nach der Formel 3 (§ 3) aus den obigen Versuchen folgende Werthe:

Nr. des Versuches	$\frac{S}{s}$
1	1,00150
2	1,00167
3	1,00180
4	1,01220
5	1,00235
6	1,00241

Da die drei ersten Versuche zu kleine Werthe für $\frac{S}{s}$ liefern, die drei letzten Versuche aber zu grosse, so ist der wahre Werth von $\frac{S}{s}$ eingeschlossen in den Grenzen

$$1,00080 < \frac{S}{s} < 1,00235.$$

Wie man sieht, liegen diese beiden Grenzwerthe nicht nahe zusammen. Wir haben uns lange vergeblich bemüht Werthe zu erhalten, welche die Grösse $\frac{S}{s}$ in engere Grenzen einschliessen, und es ist vielleicht nicht überflüssig, die Gründe mitzutheilen, welche uns verhinderten, dieses Ziel zu erreichen. Taucht man ein Gussstück von Zink, in welches Kupfer eingeschmolzen ist, in das flüssige Matall ein, so bildet sich zunächst eine Umhüllung von starrem sehr brüchigem Zink um das eingetauchte Stück. Diese Umhüllung schmilzt nun allmählig ab, und es kommt zur Erreichung nahe zusammenliegender Grenzen darauf an, das Stück unmittelbar nach dem Aufsteigen oder nach dem

Untersinken aus dem flüssigen Zink herauszuheben. Es ist uns nie gelungen, Stücke, welche mit eingeschlossenem Kupfer sich schwimmend erhielten und welche wir absichtlich so weit abschmelzen liessen, dass sie specifisch schwerer wurden und daher untertauchten, wieder u n v e r l e t z t hervorzuholen. Hierdurch wird zwar unzweifelhaft ein oberer Grenzwerth gewonnen, derselbe entfernt sich aber weiter von dem wahren Werthe als das Experiment ergeben würde, wenn es gelänge, das Stück unverletzt dem Bade zu entnehmen. So ist der Versuch Nr. 4 aufzufassen, welcher aussagt, dass

$$\frac{S}{s} < 1{,}01220$$

während die folgenden Versuch 5 und 6 zeigen, dass

$$\frac{S}{s} < 1{,}00241.$$

Nachdem wir gesehen hatten, dass nach Art des Versuchs Nr. 4 sich die obere Grenze nicht nahe bei dem wahren Werthe bestimmen liess, führten wir die Versuche 5 und 6 so aus, dass wir von vornherein darauf verzichteten ein Stück herzustellen, welches specifisch leichter, als das flüssige Metall war, dass wir vielmehr Stücke in das flüssige Bad brachten, von denen wir annehmen durften, dass sie specifisch schwerer seien. Nachdem wir uns hiervon durch den Nachweis des Untersinkens überzeugt hatten, wurden dieselben, ehe sie ihrer ganzen Masse nach zu brüchig geworden waren, wieder aus dem Bade herausgehoben.

Da es uns nicht gelang durch diese Versuche die Grenze kleiner als 1,00235 zu erhalten, andrerseits aber die frühern Versuche mit Sicherheit ergaben, dass der wahre Werth $\frac{S}{s} > 1{,}00180$ ist, so könnte man glauben, dass der wahre

Werth bei dieser letztern Grenze näher, als bei der erstern läge. Indessen ist dabei zu bemerken, dass es für die Versuche 5 und 6, bei denen die Stücke bald nach dem Untertauchen herausgehoben wurden, zweifelhaft ist, ob das feste Zink seiner ganzen Ausdehnung nach die Temperatur des schmelzenden Metalls hatte, ja dass dies sogar unwahrscheinlich ist, weil in diesem Falle die Stücke wohl zu brüchig gewesen wären, um unversehrt herausgehoben werden zu können. Die gleiche Bemerkung lässt sich auch für die Versuche 1 bis 3 machen, so dass auch hier die Temperaturgleichheit wohl noch nicht vollständig vorhanden war. Der Einfluss einer Temperaturdifferenz äussert sich aber auf die Grenzbestimmungen in verschiedener Weise. Nimmt man an, dass das Metall sich mit wachsender Temperatur ausdehnt, so lange es starr ist, so bleibt die nach unserer Methode bestimmte u n t e r e Grenze bestehen, auch wenn das schwimmende Zink nicht die Temperatur des schmelzenden Metalls besitzt; die o b e r e Grenze wird hingegen unter derselben Annahme vergrössert. Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Bestimmung $\frac{S}{s} > 1{,}00180$ sicher ist, dass dagegen die Versuche die obere Grenze $\frac{S}{s} < 1{,}00235$ nicht mit dieser Sicherheit darstellen. Wir glauben indessen, dass man nicht weit von der Wahrheit abweicht, wenn man $\frac{S}{s} = 1{,}002$ setzt; hiernach würde also das specifische Gewicht des flüssigen Zinks um 0,2 Proc. grösser sein, als dasjenige des festen Metalls bei gleicher Temperatur. Da nach Mathiesen das Volumen des Zinks von 0° bis 100° um 0,8925 Proc. wächst, so beträgt die Volumverminderung beim Schmelzen etwa den fünften Theil der Volumvermehrung von 0° bis 100°.

§ 8.

Wismuth. Literatur.

Die Thatsache, dass sich Wismuth beim Erstarren ausdehnt, ist allgemein bekannt und wird von fast keiner Seite bestritten. Schon Réaumur (§ 2) rechnet es zu den Körpern, welche durch Ausdehnung beim Festwerden ausgezeichnet sind. Marx (§ 4) suchte den Werth der Volumzunahme zu finden und zwar, da direkte Bestimmungen des specifischen Gewichts in Olivenöl missglückten, durch Wägen der warzenförmigen Ausquellungen, die sich auf der rasch erstarrenden Oberfläche durch Herauspressen des noch flüssigen Innern bilden. Er fand $^1/_{63}$ (nicht ganz 2 Proc.) des Gesammtgewichts „eher zu wenig, als zu viel". Nur Karmarsch in einer uns bloss im Auszuge zugänglichen Arbeit[1]) behauptet, Wismuth zeige bei der Erhärtung weder Ausdehnung noch Zusammenziehung. Die Methode, deren er sich bediente, bestand in der Herstellung quadratischer Gussstäbe, deren Zusammenziehung gemessen und mit der nach dem Ausdehnungscoefficienten berechneten verglichen wurde. R. Mallet[2]) bezeichnet Wismuth und Eis als die einzigen Körper, welche sich beim Erhärten ausdehnen.

§ 9.

Wismuth. Experimente.

Unsere Versuche mit diesem Metall wurden in einem eisernen cylindrischen Gefäss von 10 cm Höhe und 5 cm Durchmesser mit 1 Kilo Material ausgeführt. Das Metall oxydirt ebenfalls an der Oberfläche; es war aber nicht schwierig, dieselbe durch einen Glasstab rein zu erhalten.

---

1) Karmarsch. Jahrbuch des polytechn. Instituts in Wien. B. 19. p. 94. Auszug bei Marx (§ 4).

2) Mallet. Philos. Mag. IV. ser. B. 49. p. 231. (1875).

Nachdem der „Fundamentalversuch", der bei der grossen Differenz der Dichten sehr leicht gelingt, durchgeführt war, kam es uns darauf an, quantitativ die Differenz zu bestimmen. Da das Kupfer specifisch leichter als Wismuth ist, war dieses Metall als Beschwerungs-Material nicht zu verwerthen. Unter den übrigen specifisch schwereren Metallen konnten nur Platin und Gold in Betracht kommen, da das Silber, welches zwar ebenfalls dichter als das Wismuth ist, eine zu geringe Differenz gegenüber dem letztern zeigt; wir kommen später auf diesen Punkt noch zurück und bemerken hier nur, dass wir Platin zu den Versuchen anwandten. Ehe wir diese selbst mittheilen, wollen wir zunächst die Beobachtungen anführen, welche die Grösse a oder das specifische Gewicht des Platins bezogen auf flüssiges Wismuth in der Nähe der Schmelztemperatur als Einheit bestimmen.

Um den Gewichtsverlust, den das Platin im flüssigen Wismuth erfährt, mit einiger Genauigkeit zu erhalten, ist es unumgänglich, nicht zu kleine Platinstücke anzuwenden. Wir benutzten ein Stück natürlichen Platins aus der hiesigen mineralogischen Sammlung. Dasselbe hatte ein Gewicht von 25,665 gr und zeigte bei 13^0 das specifische Gewicht von 15,03 bezogen auf Wasser gleicher Temperatur als Einheit. Dieser geringe Werth des specifischen Gewichts beweist, dass das Stück eine nicht unbeträchtliche Menge fremder Metalle, besonders Eisen enthält; für die folgenden Versuche ist dies indessen ohne Belang. Das Platinstück wurde an einem feinen Platindraht, von dem der Centimeter 0,006 gr wog, befestigt und der Gewichtsverlust im flüssigen Wismuth bestimmt.

Das Platin mit Draht, soweit derselbe später eingetaucht wurde, wog in der Luft 25,713 gr.

Der Gewichtsverlust im flüssigen Wismuth betrug 18,510 gr[1]), daher ist die gesuchte Grösse:

$$a = \frac{25,713}{18,510} = 1,389$$

Bei den folgenden Versuchen wurde ein anderes Stück natürlichen Platins benutzt, dessen Gewicht 4,740 gr war. Die Resultate sind folgende:

Nummer des Versuches	Gewicht des Wismuth in in gr p	Gewicht des in dem Wismuth eingeschlossenen Platins x	Beobachtung, ob das Wismuth mit Platin in dem flüssigen Wismuth schwimmt oder nicht
1	47,45	4,74	schwimmt
2	42,40	4,74	"
3	35,40	4,74	"
4	21,76	4,74	schwimmt nicht
5	22,06	4,74	" "

Aus diesen Versuchen ist der Werth $\frac{S}{s}$ nach der Formel 3 (§ 3)

$$\frac{S}{s} = 1 + \frac{x}{p}\left(1 - \frac{1}{a}\right)$$

zu berechnen.

Nur ist hierbei zu bemerken, dass das Platinstück von 4,74 gr eine andere Dichte besitzt, als jenes vorhin genannte Stück von 25,665 gr, welches dazu gedient hatte, die Grösse a zu bestimmen. Da nun die obige Formel die Kenntniss der Dichte des benutzten Platins, bezogen auf das flüssige Wismuth als Einheit, verlangt, so ist der früher für ein anderes Platinstück bestimmte Werth dieser Dichte

1) Vgl. die Amerkung in § 7.

nicht direkt zu verwenden. Man wird aber von der Wahrheit sich nicht weit entfernen, wenn man annimmt, dass die Dichten beider Platinstücke mit wachsender Temperatur sich gleichmässig ändern. Die Dichte des Platinstücks von 4,74 gr war bei 13° bezogen auf Wasser von gleicher Temperatur 14,08, während, wie früher gesagt, das grössere Stück unter denselben Umständen den Werth 15,03 ergeben hatte. Wir führen desshalb für die Grösse a den Werth

$$a_1 = 1,389 \cdot \frac{14,08}{15,03} = 1,301$$

ein und erhalten dann für $\frac{S}{s}$ folgende Werthe:

Nr. des Versuches	$\frac{S}{s}$
1	1,0231
2	1,0259
3	1,0310
4	1,0504
5	1,0497.

Da die drei ersten Versuche kleine Werthe für $\frac{S}{s}$ liefern, die zwei letzten aber zu grosse, so ist der wahre Werth von $\frac{S}{s}$ eingeschlossen in den Grenzen,

$$1,0310 < \frac{S}{s} < 1,0497.$$

Aus dieser Bestimmung geht hervor, dass das flüssige Wismuth um mehr als 3 Proc. leichter ist, als das feste Metall bei der Temperatur des Schmelzpunktes.

Eine engere Bestimmung der oben angegebenen Grenzen haben wir nicht erreicht, wir zweifeln aber nicht daran, dass bei Anwendung grösserer Metallmassen, bei welcher

alle Manipulationen viel leichter ausführbar sind, sich noch engere Grenzen werden erzielen lassen.

Das von uns benutzte Wismuth hatte bei 13° ein specifisches Gewicht von 10,20 bezogen auf Wasser dieser Temperatur als Einheit. Erwägt man, dass das flüssige Wismuth um mehr als 3 Proc. dichter, als das feste Metall ist, und dass das specifische Gewicht des Silbers gleich 10,77 angegeben wird, so liegt die Vermuthung nahe, dass auch das Silber in dem flüssigen Wismuth schwimmt. Die von uns ausgeführten Versuche bestätigen diese Vermuthung vollständig, indem Silberplatten, welche eingetaucht wurden, regelmässig wieder zur Oberfläche stiegen und sich dort schwimmend erhielten.

§ 10.

Cadmium. Experimente[1]).

Wir schmolzen das Metall in einem eisernen cylindrischen Gefässe von 10 cm Höhe und 5 cm Durchmesser in einer Masse von 1 Kilo. Da die Angaben über den Schmelzpunkt des Metalls nicht unbeträchtlich variiren[2]), haben wir den Schmelzpunkt des von uns untersuchten Cadmiums bestimmt. Eine Kugel von Kupfer im Gewichte von 71 gr wurde an einem feinen Draht in der flüssigen Masse des Cadmiums gehalten und dann nach der Erwärmung in einem Calorimeter abgekühlt. Da das Calorimeter etwa 50 gr Wasser enthielt, so trat eine sehr beträchtliche Temperaturerhöhung etwa um 35° ein und liess sich aus derselben mit genügender Genauigkeit die Schmelztemperatur des Cadmiums bestimmen. Indem wir für die specifische Wärme des Kupfers

1) Notizen über das Verhalten des Cadmiums in Bezug auf Dichtigkeitsänderungen im Momente der Erhärtung sind uns aus der Literatur nicht bekannt.

2) Dieselben schwanken zwischen 300° und 500°.

den constanten Werth 0,094 und für die specifische Wärme des Cadmiums den Werth 0,057 einführten, fanden wir für die Schmelztemperatur aus zwei Versuchen die Werthe 326° und 307°. Auf die Differenz dieser Zahlen kommen wir sogleich zurück und bemerken zunächst, dass die specifische Wärme des festen Cadmiums desshalb in die Rechnung einging, weil sich um die Kupferkugel beim Herausheben aus dem Bade immer etwas festes Cadmium (2 bis 3 gr, wie durch eine folgende Wägung genau bestimmt werden konnte,) herumlegte. Der Uebergang des Cadmiums aus dem festen in den flüssigen Zustand ist ein anderer, als gewöhnlich. Das Cadmium wird zuerst breiartig, so dass ein Glasstab, welcher in die Masse hineingesteckt wird, darin aufrecht festgehalten wurde. Bei weiterem Erwärmen wird der Brei dünnflüssiger, so dass sich schliesslich die flüssige Masse nicht von einem andern geschmolzenen Metall unterscheidet. Bei dem ersten Versuche, welcher zur Bestimmung der Schmelztemperatur dienen sollte, war das Cadmium über die Schmelztemperatur hinaus erwärmt, während bei dem zweiten Versuche dasselbe gerade den flüssigen Zustand angenommen hatte. Jedenfalls ist durch die Versuche constatirt, dass die Schmelztemperatur des Cadmiums nicht weit über 300° C. liegt und etwa bei 310° bis 320° angegeben werden kann. Der Zustand, den das Cadmium in der Nähe der Schmelztemperatur zeigt, erinnert am meisten an die analoge Erscheinung beim Rose'schen Metallgemisch, welche von Kopp besonders erwähnt wird und welche auch von uns beobachtet wurde. Wir kamen daher auf den Gedanken, dass das von uns benützte Cadmium nicht rein sei und dass diese Unreinheit den dickflüssigen Zustand bedinge. Diese Vermuthung wurde indess durch eine chemische Analyse, welche Herr Dr. Kreuzhage auszuführen die Güte hatte, nicht bestätigt, vielmehr die Reinheit des Metalls constatirt.

Ferner haben wir auch das specifische Gewicht des Cadmiums untersucht und für dasselbe 8,539 bei der Temperatur 11,6° erhalten bezogen auf Wasser von gleicher Temperatur als Einheit. Dieser Werth stimmt mit dem von andern Beobachtern erhaltenen gut überein.

Da der Uebergang des festen Cadmiums in dem flüssigen Zustand nach dem obigen ein allmähliger, so liess sich vermuthen, dass die Versuche über die Differenz der specifischen Gewichte nur dann einen höhern und leicht wahrnehmbaren Aufschluss geben würde, wenn die fragliche Differenz nicht sehr klein ist. Legt man festes Cadmium auf die erweichte Masse, ehe sie vollständig dünnflüssig geworden ist, so lässt sich gar nicht entscheiden, was von beiden specifisch leichter ist. Die Theilchen sind gegeneinander so schwer beweglich, dass das feste Stück an jeder Stelle, wohin man es bringt, verharrt. Stellt man dann durch weitere Erwärmung den dünnflüssigen Zustand her und bringt man wieder festes Metall auf die Oberfläche, so beginnt bald das Abschmelzen, welches sich schnell vollendet. Taucht man das feste Cadmium unter, so wiederholt sich die Erscheinung, welche beim Blei ausführlich beschrieben wurde: es zeigt sich ein deutlicher Auftrieb, welcher die dünne Oxydschicht emporhebt, ohne dass es gelingt, ein Stück festen Cadmiums aus der flüssigen Masse nach erfolgtem Auftrieb herauszuheben. Ebenso wie beim Blei kann man durch Eintauchen längerer Cadmiumstäbe, welche an dem einen Ende aus der flüssigen Masse heraussahen, zeigen, dass der fragliche Auftrieb nicht von aufsteigenden Luftblasen herrührt, da derselbe bei den Versuchen mit Stäben, welche von unten nach oben abschmelzen, niemals zum Vorschein kommt. Wir glauben daher aus diesen Versuchen schliessen zu dürfen, dass das Cadmium im festen Zustande specifisch leichter, als im flüssigen ist, dass aber die Differenz der Dichten eine sehr geringe ist.

Endlich müssen wir auch hier noch bemerken, dass wir vorsichtig vermieden haben, Cadmiumstücke, deren Dichte zu untersuchen war, theilweise aus der Oberfläche des flüssigen Cadmiums herzustellen. Sobald nur geringe Theilchen von Cadmiumoxyd an dem festen Cadmium haften, steigt letzteres nach dem Untertauchen so schnell an die Oberfläche, dass es mit Leichtigkeit herausgehoben werden kann.

§ 11.

Antimon. Literatur.

Unter Antimon sind die Experimente Réaumurs (§ 2) zu verzeichnen; nach ihnen scheint Antimon auf Antimon zu schwimmen. Den Umstand, dass sich nach dem Erkalten eine deutliche Convexität der Oberfläche nicht beobachten lässt, führt Réaumur auf die Beschaffenheit der Oberfläche des erkalteten Antimons überhaupt zurück. Endlich scheint Antimon, mit flüssigem Materiale dieser Substanz übergossen, aufzusteigen, erreicht aber die Oberfläche nicht, weil es noch vorher abschmilzt Nach Marx (§ 4) ist nachweisbar, dass bei der Erhärtung keine Ausdehnung stattfindet.

§ 12.

Antimon. Experimente.

Das Antimon widerstand zunächst unsern Versuchen, dasselbe in einem eisernen cylindrischen Gefässe mittels Gasflammen zum Schmelzen zu bringen, in der hartnäckigsten Weise. Ein Versuch, die Schmelzung in einem Kohlenfeuer zu erzielen, war zwar von Erfolg begleitet, indessen konnten die Beobachtungen nicht genügend ausgeführt werden, besonders weil die starke strahlende Wärme der glühenden Kohlen eine längere Beobachtung unmöglich machte. Es gelang uns endlich das Metall in einen hessischen Tiegel durch Heizung mit drei starken Gasflammen und unter An-

wendung von Schornsteinen in einer Masse von etwa 1 Kilo zu schmelzen. Bekanntlich entwickelt das Antimon schon vor dem Schmelzen sehr starke Dämpfe von Antimonoxyd; diese bedecken als condensirte weisswollige Schicht nach dem Schmelzen die Oberfläche des Metalls. In Folge dessen konnten wir nicht in der gewöhnlichen Weise mittels eines Löffels reines flüssiges Antimon aus der flüssigen Masse herausheben, um Gussstücke herzustellen; auch kühlte sich, ehe die Masse aus dem Löffel gegossen war, dieselbe soweit ab, dass ein ordentlicher Guss nicht zu erzielen war. Wir versuchten daher, die Gussstücke so herzustellen, dass wir den ganzen Tiegel vom Feuer abhoben, und direkt aus demselben einen Theil des flüssigen Metalls auf eine Eisenplatte ausgossen. Da die so erhaltenen Stücke aber keine reine Oberfläche darboten, haben wir uns schliesslich einer Kugelform bedient, in welche wir in der oben erwähnten Art das flüssige Metall einfüllten. So gelang es, vollständig reine Oberflächen herzustellen. Bringt man solche Kugeln in das flüssige Metall, dessen Oberfläche unmittelbar vorher gereinigt worden ist, so sinken dieselben nach dem Untertauchen zunächst unter, kommen dann aber bald an die Oberfläche zurück und steigen jedes Mal nach dem Untertauchen sofort wieder in die Höhe. Hält man mittels eines Glasstabes die Kugeln einige Zeit auf den Boden des Gefässes fest, so dass sie theilweise abgeschmolzen sind, so steigt nach Zurückziehen des Glasstabes der übrig gebliebene Rest der Kugel in die Höhe und wird an der Oberfläche sichtbar. Ebenso wie die Kugeln verhalten sich Stücke von Antimon, welche aus grössern Stücken durch Zerschlagen erhalten waren. Die Versuche beweisen also auf das Deutlichste, dass das feste Metall specifisch leichter als das flüssige bei gleicher Temperatur ist.

Unser Wunsch ging nun dahin, auch für das Antimon das Verhältniss der Dichten des festen und flüssigen Metalls

zu bestimmen. Die darauf gerichteten Versuche belehrten uns indessen, dass wir dies Ziel nicht erreichen würden; einerseits war die Weite des Tiegels zu gering, um mit einer Zange schwimmende Stücke leicht herausheben zu können, andrerseits legte sich an den Spitzen der Zange beim Eintauchen eine so beträchtliche Menge Antimon fest, dass der Gebrauch der Zange sehr erschwert wurde. Indessen wollen wir doch einen Versuch erwähnen, welcher geeignet ist, das vorher genannte Resultat zu befestigen. Bei gewöhnlicher Temperatur ist das specifische Gewicht des Eisens grösser als dasjenige des Antimons; das von uns benutzte Antimon hatte bei 15° das specifische Gewicht 6,750 bezogen auf Wasser gleicher Temperatur; dieser Werth stimmt mit dem von andern Beobachtern gefundenen gut überein. Wir überzeugten uns nun zunächst, dass das Gleiche auch bei der Schmelztemperatur des Antimons zutrifft, indem wir ein kleines Eisenstäbchen in das flüssige Antimon eintauchten; dasselbe kam nicht wieder zur Oberfläche, ein Beweis, dass es specifisch schwerer, als das flüssige Antimon ist. Es wurde nun ein Eisenstäbchen, welches fast die Länge des Durchmessers der schon benutzten Kugelform hatte, in diese eingesetzt und flüssiges Antimon um dasselbe gegossen. Dass wir so eine specifisch schwerere Combination erhielten, wurde noch direkt durch die Bestimmung des specifischen Gewichts nachgewiesen: wir fanden für das specifische Gewicht derselben 6,81, während das Antimon, wie früher angegeben das specifische Gewicht 6,75 besass. Die geringe Steigerung der Dichte rührt davon her, dass nur eine kleine Eisenmasse eingeschlossen war. In der Kugel war 10,9 gr Antimon und 1,2 gr Eisen enthalten; nimmt man für das specifische Gewicht des Eisens den Werth 7,8, so berechnet sich für das specifische Gewicht der Combination 6,85, ein Werth, welcher mit der Beobachtung 6,81 genügend übereinstimmt.

Wir haben vier solche Kugeln, welche Eisen enthielten, hergestellt und bei allen das gleiche Resultat erhalten: Die Kugeln kamen nach dem Untertauchen sehr bald an die Oberfläche des flüssigen Antimons herauf und hielten sich dort längere Zeit, bis sie so weit abgeschmolzen waren, dass sie das Eisen nicht mehr zu tragen vermochten.

Aus allen diesen Versuchen geht mit Sicherheit hervor, dass das feste Metall Antimon specifisch leichter als das flüssige bei gleicher Temperatur ist. Ueber die Differenz der Dichten lässt sich nach dem Obigen nichts Sicheres aussagen. Dass dieselbe aber nicht sehr klein ist, geht aus dem starken Auftrieb hervor, mit welchem die festen untergetauchten Massen wieder an die Oberfläche heraufsteigen.

Aus einem in dieser Hinsicht angestellten Vergleich mit den übrigen Metallen möchten wir Antimon als in naher Uebereinstimmung mit Zinn hinstellen, dabei aber bemerken, dass der Auftrieb uns hier noch etwas kräftiger erschien, als derselbe beim Zinn auftrat.

§ 13.

Eisen. Literatur.

Die Notizen über das Verhalten des Eisens beim Erhärten sind sehr zahlreich, so dass das folgende Literaturverzeichniss keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann. Réaumur (§ 2) ist von der Ausdehnung des Eisens im Momente der Erstarrung überzeugt; die Ursache, „warum sich das Eisen so gut giesst" (der Titel seiner Arbeit) ist ihm eben jene Ausdehnung, welche die Anschmiegung, die Einpressung in das Détail der Form hervorruft. Marx (§ 4) behauptet in einer seiner frühern Arbeiten auf die Auctorität von Karsten[1]) hin Volumverminderung, berichtet aber in

1) Karsten. Berichte der Berliner Akad. 1832 (uns nur im Auszuge bei Marx bekannt).

seiner dritten Arbeit über im Jahre 1839 ausgeführten Schwimmversuche, welche für Ausdehnung im Momente der Erhärtung sprechen. Karmarsch (§ 8) findet ebenfalls Volumvermehrung. Wichtige oft citirte Versuche wurden im Auftrage einer Versammlung sächsischer Ingenieure von Centner[1]) ausgeführt. Er constatirt zunächst, dass kaltes Gusseisen um $^1/_{88}$ schwerer sei, als das gleiche Volumen flüssiges, eine Thatsache, die weder für noch gegen Ausdehnung im Momente der Erstarrung spricht. Aus dem Umstande, dass unter gleich schweren Stücken plattenförmige schwammen, während zu Würfel und Cylinder geformte untersanken, schliesst Centner, dass die Form der festen Stücke das Entscheidende sei, insofern nur leicht tragbare Platten schwimmen, nicht aber Körper mit relativ geringerer Oberfläche. Als tragende Kräfte wirken nach ihm aufsteigende Strömungen und Gasexhalationen. Es hat namentlich H. O. Lang[2]) diese Versuche und Centner's Schlussfolgerungen aus denselben einer Kritik unterworfen, indem er theils den Experimenten eine Reihe anderer mit gegentheiligem Resultate aus der Literatur entgegenstellt, theils den Hauptgrund des Misslingens der Schwimmversuche bei den Stücken mit relativ kleinerer Oberfläche in einer mangelhaften Durchwärmung findet, so dass eben immer wieder kaltes Festes mit heissem Flüssigen verglichen wird, und nicht möglichst gleich temperirtes Material. Besonders deutlich betont auch Millar[3]) die Nothwendigkeit der Durchwärmung des festen Metalls, indem er constatirt, dass nur heisse Stücke sofort schwimmen, kalte aber nach dem Untersinken erst dann aufsteigen, wenn die Durchwärmung sich vollzogen hat,

---

1) Centner. Civilingenieur B. 9. p. 219. (1863).

2) Lang. Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften 1873. Januarheft.

3) Millar. Nature B. XVI. p. 23. (1877).

Versuche, die er zuerst mit Gusseisen vornahm und später[1]) auf Gussstahl ausdehnte. Millar's Experimente mit Eisen sind, ohne dass wir sie vorher gekannt hätten, diejenigen in der gesammten Literatur, welche mit unsern eigenen qualitativen Versuchen (Fundamental-Versuch) nach Anordnung, Effect und Ausdeutung am meisten übereinstimmen. Schon früher als Millar stellte R. Mallet[2]) eine Reihe von Experimenten an, die theilweise sich auf Vergleichungen der specifischen Gewichte des flüssigen und erkalteten Gusseisens beziehen, für die Frage nach Ausdehnung und Zusammenziehung im Momente der Erhärtung also irrelevant sind, theilweise aber die angedeutete Frage durch folgende Anordnung zu lösen suchen. Von zwei eisernen Hohlkugeln, etwa 25 cm im Durchmesser und mit 3,8 cm dicken Wandungen, welche beide bis zur hellen Rothgluth erhitzt worden waren, wurde die eine leer, die andere mit flüssigem Gusseisen gefüllt, der Abkühlung unterworfen. Darauf constatirte er durch Messungen der äussern Dimensionen der Kugeln von 30 zu 30 Minuten, dass beide Gefässe, das leere sowohl, als das mit Eisen gefüllte, einem gleichen Gange ununterbrochener Zusammenziehung unterlagen, dass ferner nach dem Erkalten die Oberfläche des Gussstückes die Innenseite des damit gefüllten Gefässes dicht berührte und endlich, dass die innere Parthie des Gussstückes sich nach dem Erkalten weniger dicht, als die äussere herausstellte (Zahlen werden nicht angegeben). Hieraus schliesst Mallet auf ein ununterbrochenes Zusammenziehen des Gussstückes von dem flüssigen Zustande an durch den Punkt des Erhärtens hindurch bis zur Erkaltung auf Lufttemperatur. Die Erscheinung des Schwimmens festen Eisens in flüssigem leugnet Mallet nicht, führt sie aber auf die Wirkung einer ganz

2) Millar. Nature B. XVIII. p. 464 (1878).
3) Mallet. Phil. Mag. ser, IV. B. 49. p. 231. (1875).

besondern Kraft zurück, wie in § 16 noch weiter besprochen wird. Gegen diese Versuche Mallet's tritt A. Ledebur[1]) mit einem Experiment auf, welches sehr überzeugend für die Ausdehnung im Momente der Erhärtung spricht. Er stellte eine Gussform aus zwei durch Federn an einander gedrückten Hälften dar. Die Form blieb geschlossen, so lange das Eisen in derselben noch flüssig war, öffnete sich etwas bei der Erstarrung und schloss sich, der Zusammenziehung des festen Körpers entsprechend, bei der weiteren Abkühlung wieder vollständig.

§ 14.

Eisen. Experimente.

Dem gütigen Entgegenkommen des Herrn Fabrikanten Stolz in Stuttgart verdanken wir die Gelegenheit zum Experimentiren mit Eisen, welches wir mit den uns in Hohenheim zu Gebote stehenden Mitteln nicht zum Schmelzen bringen konnten. Die hohe Schmelztemperatur liess es nicht zu, einen andern Versuch als den sog. Fundamentalversuch (Eintauchen eines festen Stückes in die flüssige Masse, Unterstossen und Constatirung des Auftriebes) anzustellen. Dieses aber gelang bei Eisen in glänzendster Weise, wobei wir zu erwähnen nicht unterlassen wollen, dass uns dieser Erfolg vom Fabrikherrn, den Werkmeistern und den Arbeitern auf das Bestimmteste vorausgesagt wurde: war ihnen doch das Schwimmen des festen Körpers in dem flüssigen ein wohlbekannte, oft beobachtete Thatsache. Ausdrücklich aber müssen wir gegenüber den früher erwähnten Versuchen von Centner constatiren, dass das Aufsteigen ausnahmslos eintrat, aber erst um so später erfolgte, je längere Zeit die Stücke zu ihrer Durchwärmung in Anspruch nahmen.

---

1) Ledebur. Dingler Polyt. Journal B. 277. p. 244. (1875).

Die Versuche wurden mit einem Graphittiegel, welcher etwa 38 Kilo Eisen enthielt, nach Herausnahme des Tiegels aus dem Ofen angestellt.

§ 15.

Kupfer. Literatur und Experimente.

Kupfer wird von Réaumur (§ 2) unter die bei der Erhärtung sich zusammenziehenden Körper gerechnet, er betont aber ausdrücklich den geringen Werth dieser Volumverminderung, sei sie doch geringer, als bei Zinn und bei diesem wieder geringer, als bei Blei. Karsten (§ 13) gibt Ausdehnung zu, glaubt sie aber auf Bildung von Hohlräumen im erhärteten Material zurückführen zu sollen. Kopp (§ 1), dem wir zahlreiche Nachweise der ältern Literatur über die ganze vorliegende Frage verdanken, registrirt die Angabe der Ausdehnung, nennt aber die Erscheinung unsicher, weil Kupfer an der Oberfläche Sauerstoff condensire.

Unsere eigenen Experimente, welche ebenfalls bei Herrn Stotz ausgeführt wurden, mussten sich auf den „Fundamentalversuch" beschränken, der bei vielfältiger Wiederholung in voller Deutlichkeit gelang, wiederum vorausgesagt durch das gesammte Fabrikpersonal. Auch hier gilt die Bemerkung, dass eine vollkommene Durchwärmung vorausgegangen sein muss, ehe das Aufsteigen erfolgt. Zu den Experimenten diente eine Masse von etwa 45 Kilo Kupfer, aus der die nothwendigen Gussstücke unmittelbar vor dem Versuche hergestellt waren [1]).

---

1) Wir haben Dank einem freundlichen Anerbieten des Herrn Oberbergrath von Keller, Vorstandes der k. Münze zu Stuttgart, Aussicht, in nächster Zeit unsere Untersuchungen auf Silber und Gold auszudehnen.

§ 16.

Versuchsresultate.

Von den acht der Untersuchung unterworfenen Metallen (Zinn, Blei, Zink, Wismuth, Cadmium, Antimon, Eisen, Kupfer) zeigten sechs (Zinn, Zink, Wismuth, Antimon, Eisen, Kupfer) bei dem sogen. Fundamentalversuch vollkommen deutlich, dass der Uebergang vom flüssigen zum festen Zustande mit einer Ausdehnung verbunden ist, dass also das Metall im festen Aggregatzustande ein kleineres specifisches Gewicht besitzt, als das gleich temperirte flüssige. Bei dreien der untersuchten Metalle (Zinn, Zink und Wismuth) gelang es, annähernde Werthe für die Grösse der Ausdehnung zu gewinnen.

Zwei Metalle (Blei und Cadmium) liessen eine sichere Entscheidung nicht zu. Warum wir trotzdem glauben, dass auch hier der Uebergang in den flüssigen Zustand mit einer Zusammenziehung verbunden ist, haben wir bereits früher (§ 5. § 10.) ausgesprochen. Dort haben wir auch die besonderen, gerade diesen Körpern eigenthümlichen Verhältnisse näher erwähnt, welche das zu untersuchende Verhalten weniger deutlich hervortreten lassen müssen.

Es spricht daher von den acht untersuchten Metallen keines für die Richtigkeit des Satzes: „Die Körper ziehen sich beim Uebergange aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand zusammen". Unzweifelhaft gehören sechs, vielleicht sogar alle acht zu den Ausnahmen von diesem Satze. In der Literatur finden sich über sonstige Metalle ausser den bereits oben behandelten nur noch über Silber und Gold kurze Notizen, welche aber die begründenden Experimente nicht des Nähern angeben. Wenn man daher sich nur auf die vorliegenden Thatsachen stützt, so muss man als Regel über das Verhalten der Metalle im Momente des Ueberganges aus dem flüssigen in den festen Aggregat-

zustand den Satz aufstellen: „Die Metalle dehnen sich im Momente des Erstarrens aus, so dass das feste Metall weniger dicht, als das flüssige gleicher Temperatur ist". Denn diesem Satze, welcher dem früher angenommenen gerade entgegengesetzt formulirt ist, folgen zweifellos die Mehrzahl der untersuchten Metalle[1]: was früher als Ausnahme galt, wird hierdurch zur Regel.

Die Frage liegt nahe, wie kam es, dass bei den bisherigen Untersuchungen so oft das Gegentheil von unsern Folgerungen aus dem Verhalten der Körper abgeleitet wurde. Nach den Erfahrungen bei unsern eigenen Experimenten und den Schwierigkeiten, die wir selbst bei denselben zu überwinden erst lernen mussten, sind wir geneigt, den Hauptgrund der Irrthümer in der mangelhaften Rücksicht zu finden, welche bei der Untersuchung der Frage auf die gleiche Temperatur der Flüssigkeit und des festen Körpers genommen wurde. Ist die Differenz der specifischen Gewichte für die verschiedenen Aggregatzustände gering und ist ferner der Ausdehnungscoefficient beider gross, so muss die Temperatur des festen und flüssigen Körpers möglichst nahe zusammenfallen, um die Erscheinung des Schwimmens, resp. Aufsteigens des festen Körpers im flüssigen zu zeigen. Je grösser die Differenz der Dichtigkeiten derselben Substanz in den verschiedenen Aggregatzuständen, um so weniger ängstlich wird die Gleichheit der Temperatur zwischen Festem und Flüssigem anzustreben sein, um so leichter wird die Erscheinung zur Beobachtung kommen und selbst bei oberflächlichster Behandlung nicht wohl übersehen werden können. So namentlich bei Eis und Wasser, wo die Dif-

---

1) Dieser Satz bleibt auch dann richtig, wenn Silber und Gold beim Erstarren eine Volumverminderung erfahren sollten. Uebrigens wird fast ausnahmslos von diesen Metallen angegeben, dass das feste in dem flüssigen schwimmt, ohne zwar den Grund dieser Erscheinung in Dichtigkeitsunterschieden anzunehmen.

ferenz gegen 10 Proc. beträgt, und selbst stark abgekühltes Eis, — wie aus den betreffenden Coefficienten hervorgeht, — auf weit über dem Schmelzpunkt hinaus erwärmtem Wasser noch schwimmt.

Endlich sei des Einwandes gedacht, der zwar an der Erscheinung des Schwimmens des Festen in dem Flüssigen selbst nicht zweifelt, zur Erklärung aber andere Momente, als Dichtigkeitsunterschiede herbeizieht, so besonders Exhalationen von Gas, welches bei der Erhärtung des Metalls an der Oberfläche desselben mechanisch gebunden wurde und nun bei der Abschmelzung als tragende Kraft wirkt. Wir haben uns niemals trotz sorgfältigster Prüfung überzeugen können, dass dieses Moment bei unsern Experimenten mitgewirkt habe, und dürfen hier auf die an mehreren Stellen unserer Arbeit (§ 5. § 10.) niedergelegten Bemerkungen hinweisen. Besonders möchten wir noch hervorheben, dass die festen Metallstücke, deren Oberflächentheile, an denen sich das Gas verdichtet, vollständig abgeschmolzen sind und deren Volumen in Folge dessen auf weniger als $^1/_5$ des ursprünglichen reducirt wurde, die fraglichen Erscheinungen (Aufsteigen in der flüssigen Masse etc.) vollkommen deutlich zeigten.

Wohl am meisten gekünstelt ist Mallet's[1]) Erklärungsweise der Erscheinung des Schwimmens. Er nimmt eine besondere zurückstossende Kraft (repellent force) an, die zwischen dem festen und flüssigen Metall zur Wirkung kommt und deren Grösse einmal von der Differenz der Temperaturen zwischen dem Festen und dem Flüssigen, dann aber namentlich von dem Verhältniss der wirksamen Oberfläche (effective surface) zum Volumen des schwimmenden Körpers abhängt. Unter wirksamer Oberfläche versteht er die Projection der eingetauchten Oberfläche des schwim-

1) Vgl. § 13.

menden Körpers auf die Horizontal-Ebene. Diese von Mallet zur Interpretation seiner Versuche eingeführte Kraft ist nur im Stande das Schwimmen eines Körpers, welcher mit seiner Oberfläche theilweise aus der flüssigen Masse herausragt, zu erklären. Sobald aber der Körper von allen Seiten durch die flüssige Masse umgeben ist, kann die Kraft Mallet's unter Voraussetzung einer überall gleichen Temperatur, zum Schwimmen oder Aufsteigen des Körpers nichts beitragen, weil sie, von oben gerade so stark wie von unten wirkend, in ihren Resultaten nothwendig gleich 0 ist.

Wir sind geneigt, die Herbeiziehung solcher gesuchter Erklärungsweisen des Schwimmens festen Materials im Flüssigen geradezu auf den Einfluss der Auctorität des Satzes von der Zusammenziehung der Körper durch Wärmeverlust zurückzuführen: Hat ja in der That die als Einzelheit an einem vereinzelten Körper zufällig ein Mal beobachtete Erscheinung kaum eine Berechtigung zum Zweifel an der Richtigkeit des Satzes. Jetzt aber — so meinen wir — hat sich das numerische Verhältniss zwischen Beseitigungen und Ausnahmen wesentlich verändert, ja für die Metalle umgekehrt.

§ 17.

Verhalten der Legirungen und Silikate.

Legirungen wurden besonders von Marx (§ 4.) in grösserer Anzahl untersucht. Für die mit Wismuth fand er fast ausnahmslos Ausdehnung im Momente der Erstarrung, nur bei der Blei-Wismuth-Legirung mit vorwaltendem Blei trat umgekehrt Zusammenziehung ein. In Bezug auf Neusilber wird mehrfach Ausdehnung angegeben; Whitley[1]) fand solche beim Messing (eine Angabe, die wir nach eigenen Experi-

1) Whitley. Nature B. 18. p. 397. (1878).

menten bestätigen können). Kopp behandelt die Rose'sche Legirung besonders ausführlich und constatirt für sie einen ganz eigenthümlichen Gang der Ausdehnung und Zusammenziehung, so dass bei etwa 59° ein Maximum des Volumens der festen Legirung liegt. Von da ab zieht sich das feste Metall bei wachsender Temperatur zusammen, soweit die Beobachtungen Kopp's reichen, nemlich bis zu 94°. Im flüssigen Zustande, welcher von der Temperatur 103,3° an beobachtet wird, tritt mit wachsender Temperatur wieder Ausdehnung ein. Aus diesen Beobachtungen schliesst Kopp, dass während des Schmelzens, welches nicht bei einer bestimmten Temperatur, sondern in dem Intervall von 95° bis 98° vor sich geht, eine Volumzunahme von 1,55 Proc. sattfindet.

Eine direkte Untersuchung, nach Art der von uns befolgten Methode, ist für das Rose'sche Metall nicht sicher ausführbar, weil ein allmähliger Uebergang des festen in den flüssigen Zustand eintritt. Auch sonstige Legirungen zeigen gewisse Abnormitäten gegenüber den einfachen Metallen; so beobachtete Rudberg [1]), bei einer Untersuchung der latenten Wärme des Bleis und Zinns sowie ihrer Legirungen nach der Erkaltungsmethode, „am Thermometer von 10 zu 10 Graden, und wurde dabei zu dem merkwürdigen Resultat geleitet, dass während das Thermometer bei den einfachen Metallen (bei ihrem Festwerden) auf einem festen Punkte verweilte, es bei den Legirungen auf zwei verschiedenen Punkten stehen blieb: auf einem, der für alle Legirungen dieser Art durchaus derselbe war, und auf einem andern, der sich mit dem Verhältniss zwischen beiden veränderte". Ferner sagt Marx [2]): „Einige Male begegnete mir, dass ein

1) Marx. Schweigger-Seidel Jahrbuch der Chem u. Phys. B. 60. p. 13. (1830).

2) Marx. Schweigger-Seidel Jahrbuch der Chem. u. Phys. B. 58. p. 462. (1830).

öfter eingeschmolzenes Stück die Erscheinungen des Ausdehnens viel schwächer, als zuerst an sich darthuen liess" und an einer andern Stelle[1]) bei der Besprechung der Legirungen von Wismuth, Blei und Zink: „Auch hier hatte sich ein mehr wismuthhaltiger Theil unten hin und oben darauf mit einem scharfen Abschnitt ein mehr zinnhaltiges angesetzt".

Diese Beobachtungen zeigen, dass bei den Legirungen der Vorgang des Schmelzens mit sehr eigenthümlichen Erscheinungen verbunden ist, dass insbesondere die Homogenität der geschmolzenen Masse nicht sicher garantirt ist. Hieraus geht hervor, dass ein festes Stück einer Legirung, auch wenn es als Gussstück aus der flüssigen Masse gewonnen wurde, nicht nothwendig mit dem übrig bleibenden Theile identisch ist. Dieses Verhalten bestimmte uns, von der Untersuchung der Legirungen abzustehen.

Ein ganz besonderes Interesse bietet namentlich im Hinblick auf geologische Hypothesen, das Verhalten der Silikate im Momente der Erhärtung dar. Nach Bischof's[2]) oft citirten Versuchen glaubt man ziemlich allgemein den natürlichen kieselsauren Verbindungen bei der Erstarrung eine sehr bedeutende Zusammenziehung (20 bis 25 Proc.) zuschreiben zu müssen. Es hat diese Versuche namentlich Lang[3]) einer Kritik unterworfen, welche darin gipfelt, dass dieselben jene ihnen von anderer Seite — nicht von Bischof selbst — zugeschriebene Beweiskraft entbehren. Es hat ferner Forbes[4]) gezeigt, dass die Zusammenziehung der

---

1) l. c. p. 470.

2) Bischof. Wärmelehre des Erdinnern. p. 368. (1837). Jahrbuch für Miner. p. 8. (1843).

3) Lang. Zeitschr. für die ges. Naturwissensch. 1873. Januar.

4) Forbes. Chemical-News. p. 6. 1868.

Silikate bei der Erstarrung „nicht so bedeutend ist, als man allgemein glaubt". Auch die von Mallet [1]) angestellten Versuche ergaben viel geringere Werthe (1,5 bis 6 Proc.) für die Zusammenziehung und Whitley [2]) behauptet für Basalt und Eisenschlacke geradezu das Gegentheil, nemlich nicht unbedeutende Ausdehnung, indem er das feste Material in dem flüssigen schwimmen und aufsteigen sah. Siemens [3]) beweist aus Experimenten mit Glas, dass dasselbe mit wachsender Temperatur nicht ununterbrochen sein Volumen vergrössert, dass vielmehr das Glas im zähflüssigen Zustand dichter, als im festen ist.

Von ganz anderer Seite ausgehend sucht Lang [4]) es wahrscheinlich zu machen, dass sich die Silikate im Momente der Erstarrung ausdehnen. Er schliesst aus mikroskopischen Untersuchungen von Basalt im Vergleich mit Gyps, dass die Absonderungsgestalten der Silikatgesteine nicht durch Contraction, sondern durch Druck verursacht sind, ein Druck, welcher im Momente der Erstarrung durch Ausdehnung zu Stande kommt.

Wir selbst sind nicht in der Lage, direkt etwas zur Entscheidung der Frage beitragen zu können. Der Nachweis des Schwimmens und Aufsteigens eines festen Stückes im flüssigen Materiale misslang bei dem einzigen Silikate, mit welchem wir experimentirten: Hochofenschlacke von Wasseralfingen. Es konnte die Schlacke nur in einen zähflüssigen Zustand versetzt werden, so dass wegen dieser

---

1) Mallet. Philos. Transact. B. 163. p. 147. (1873). Phil. Mag. ser. IV. p. 231. (1875).

2) Whitley. Nature B. 18. p. 397. (1878).

3) Siemens. Berl. Akad. Ber. 1878. p. 558.

4) Lang. Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg B. 31. p. 336. (1875).

Dickflüssigkeit die Untersuchung nach unserer Methode unausführbar war. Aus gleichem Grunde können wir auch unter den Beweisen für Ausdehnung der Silikate ein von Marx [1]) nach Abich berichtetes Verhalten natürlicher Lava nicht verzeichnen. Abich warf nemlich auf noch fliessende Lava Klumpen erhärteten Materials, welche auf der Oberfläche „ohne auch nur einen Eindruck hervorzurufen", weitergetragen wurden, eine Thatsache, die offenbar hinsichtlich der Dichtigkeitsunterschiede nichts beweist. Sollte es übrigens durch noch bedeutendere Hitzgrade, als wir erreichen konnten, gelingen, die Schlacke dünnflüssig herzustellen, so würde eine etwaige Constatirung blossen Untersinkens des Festen im Flüssigen nichts gegen eine Ausdehnung im Momente der Erstarrung aussagen, im Hinblick auf die offenbar nicht unbedeutende Differenz der Temperaturen zwischen den beiden zu vergleichenden Materialien.

Wenn Lang den Satz von der Zusammenziehung der Silikate beim Erstarren einen „schlecht fundirten" nennt, einmal, weil die speciell mit Silikaten angestellten Experimente nicht stichhaltig seien, ausserdem aber weil das Verhältniss auch bei den als analog beigezogenen Körpern, zu denen er besonders die Metalle rechnet, noch nicht genügend fesgestellt sei, so glauben wir durch die vorliegende Arbeit zur Erschütterung der Fundirung noch mehr beigetragen zu haben dadurch, dass wir nachwiesen, wie einige der als analog herbeigezogenen Körper sich nicht zusammenziehen, sondern ausdehnen. Nimmt man aber eine Ausdehnung auch der Silikate im Momente der Erhärtung an, so beweisen Siemens [2]) gegen Thomsen [3]),

1) Marx. Journal für prakt. Chemie B. 22. p. 142. (1841).

2) Siemens. Berl. Akad. Berichte 1878. p. 570.

3) Thomsen Philos. Transact. B. 153. p. 573. (1863).

Lang[1]) gegen Mallet[2]), dass der Hypothese von der Existenz eines festen Erdkernes durch diese Annahme eine wesentliche Stütze entzogen wird.

Hohenheim, November 1880.

---

1) Lang. Göttinger gelehrter Anz. 1875. p. 1614.

2) Mallet. Philos. Transact. B. 163. p. 147. (1873).

Herr W. v. **Beetz** legte die Ergebnisse einer Untersuchung vor:

„**Ueber Spannungsdifferenzen zwischen sich berührenden Flüssigkeiten mit Berücksichtigung der Concentration, von Erasmus Kittler.**"

Die an der Berührungsstelle zweier Flüssigkeiten auftretenden elektromotorischen Erregungen wurden schon vielfach zum Gegenstande eingehender Untersuchungen gemacht. Die Anordnung der hierauf bezüglichen Versuche in den Arbeiten von Fechner[1]), Wild[2]), L. Schmidt[3]), E. du Bois-Reymond[4]), Worm-Müller[5]) und Anderen ist im wesentlichen die von ersterem Forscher angegebene. Von vier Gefässen A, B, C, D, die durch Heber in leitende Verbindung gebracht werden können, sind die beiden äusseren A und D mit der gleichen Flüssigkeit F, die inneren B und C mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten F_1 und F_2 gefüllt. In die Becher A und D tauchen gleiche Metallplatten, zu welchen die Enden eines Galvanometerdrahts

---

1) Fechner, Pogg. Ann. Bd. 48, p. 1 u. 225. 1839.

2) Wild, Pogg. Ann. Bd. 103, p. 353. 1858.

3) Schmidt, Pogg. Ann. Bd. 109, p. 106. 1860.

4) E. du Bois-Reymond, Reichert's und E. du Bois-Reymond's Archiv, 1867, p. 453.

5) Worm-Müller, Pogg. Ann. Bd. 140, p. 114 u. 380. 1870.

führen. Tritt nun ein Strom ein, so folgt, dass die Flüssigkeiten F, F_1 und F_2 elektromotorisch auf einander wirken und gleichzeitig, dass sie sich nicht in eine Spannungsreihe ordnen; bleibt dagegen die Elektricität im Gleichgewicht, so sind entweder keine Spannungsdifferenzen vorhanden, oder dieselben befolgen das Volta'sche Spannungsgesetz.

Die Entscheidung darüber, wie sich Flüssigkeiten zum Spannungsgesetze verhalten, kann noch in anderer Weise geführt werden.

Es seien F_1, F_2, F_3 drei verschiedene Flüssigkeiten, die zu je zweien mit dem Metalle M in Verbindung gebracht, die elektromotorischen Kräfte bez. a, b, c ergeben, d. i.

$$M|F_1 + F_1|F_3 + F_3|M = a,$$
$$M|F_2 + F_2|F_3 + F_3|M = b,$$
$$M|F_1 + F_1|F_2 + F_2|M = c;$$

zeigt nun der Versuch, dass $a - b = c$, so befolgen F_1, F_2 und F_3 untereinander das Spannungsgesetz. Man hat ja in diesem Falle

$$a - b = M|F_1 + F_1|F_3 + F_3|F_2 + F_2|M$$
$$= c = M|F_1 + F_1|F_2 + F_2|M,$$
$$\text{d. i. } F_1|F_3 + F_3|F_2 = F_1|F_2.$$

Ist dagegen $a - b$ von c verschieden, so lassen sich die drei Flüssigkeiten nicht in eine Spannungsreihe ordnen.

Diese Methode wurde von mir angewendet auf Lösungen von Chloriden, die zunächst unter sich, dann mit destillirtem Wasser, mit Kupfervitriollösung oder verdünnten Säuren in Berührung gebracht wurden.

Die elektromotorischen Kräfte der in Frage kommenden Combinationen wurden auf elektrometrischem Wege gemessen, indem man die am nicht abgeleiteten Pole auftretende freie Spannung mit der eines Daniell'schen Elements verglich. Als Messapparat hatte ich ein Cylinder-

Quadranten-Elektrometer von Edelmann[1]), eine Modifikation des Thomson'schen Quadranten-Elektrometers. Zur raschen Herstellung und Unterbrechung der Leitungen benützte ich einen Schlüssel für elektrische Leitungen von W. v. Beetz[2]). Die Ladung der Nadel erfolgte durch eine kleine Zambonische Säule, die sich Monate lang sehr constant erwies. Die Ablesung geschah mittels Spiegel, Fernrohr und Scala, welche in einer Entfernung von 3 m vom Elektrometer aufgestellt war. Der Scalenausschlag für ein Daniell'sches Element

Zn amalg.	H_2SO_4 + H_2SO_4 $\Delta = 1{,}074$	$CuSO_4$ + $CuSO_4$ conc.	Cu

belief sich im Mittel auf 90 — 91 Doppelmillimeter, sank im Minimum auf 89,0 herab und erreichte mit 92,0 sein Maximum.

Die angewandten Substanzen waren als „chemisch rein" aus der Fabrik von Dr. F. Schnitzer und Comp. in München bezogen. Die wässerigen Lösungen der Chloride wurden in der Regel nach zehn verschiedenen Verhältnissen hergestellt, der Procentgehalt durch Wägung, das specifische Gewicht mit der Mohr'schen Wage ermittelt. Von den concentrirten Lösungen wurde nur das specifische Gewicht bestimmt, der Sättigungspunkt für die betreffende Temperatur aus anderen Angaben berechnet. Destillirtes Wasser, das ich in grossen Mengen teils zur Reinigung, teils zur Herstellung der Lösungen, teils auch zu Messungen verbrauchte, erwies sich in verschiedenen Bezügen als nicht vollständig gleich[3]). Für zusammengehörige Versuche benützte ich daher immer Wasser einer Flasche, so rein ich

1) Edelmann, neuere Apparate für naturwissenschaftliche Schule und Forschung, p. 150. 1880.

2) v. Beetz, Sitzungsberichte der kgl. b. Akademie der Wissenschaften 1880, p. 451; Wiedemann's Ann. Bd. 10, p. 348, 1880.

3) Vgl. Quincke, Pogg. Ann. Bd. 153, p. 161. 1874.

es nur aus dem chemischen Laboratorium der technischen Hochschule bekommen konnte.

Eine Hauptschwierigkeit lag in der Herstellung gleicher Elektroden. Zu meinen ersten Versuchen verwendete ich Kohlenstäbe von Carré in Paris, die durch Kochen in destillirtem Wasser leicht so gleichmässig gemacht werden konnten, dass sie, mit Wasser in Berührung gebracht, keinen Potentialunterschied lieferten. Als ich jedoch später eine neue Sendung bezog, machte ich die Wahrnehmung, dass ich es mit anderem Material zu thun habe. Ich versuchte es hierauf mit Platinblechen, die in Salpetersäure, dann in Wasser ausgekocht und schliesslich ausgeglüht wurden [1]), in den seltensten Fällen aber eine Gleichmässigkeit erlangten, wie ich sie für meine Versuche nöthig hatte. Gleich schlimme Erfahrungen machte ich mit Kupferblechen [2]). Dagegen lieferten chemisch reine Silberbleche und Kupferdrähte (2,3 mm im Durchmesser) ein ziemlich leicht zu bearbeitendes Material, und es war mir in Folge dessen ermöglicht, eine Reihe von Versuchen sehr rasch hintereinander anzustellen. Die beiden letztgenannten Metalle wurden mit feinstem Smirgelpapier blank gerieben und darnach mit Alkohol oder Aether und endlich mit destillirtem Wasser so lange abgewaschen, bis die Prüfung in Wasser keinen Unterschied mehr zeigte. Hin und wieder verwendete ich auch chemisch reines Stangenzink, das zu jeder Messung frisch amalgamirt wurde.

Die Flüssigkeiten waren getrennt in 6 cm hohen und 4,5 cm weiten Gläsern. Dieselben konnten durch Heber mit einander verbunden werden, die an den Enden mit Pergamentpapier geschlossen und bei allen Versuchen mit der specifisch leichteren Flüssigkeit gefüllt waren.

---

1) v. Beetz, Sitzungsberichte der kgl. b. Akademie der Wissenschaften 1880, p. 451.

2) Vgl. Wüllner, Pogg. Ann. Bd. 106, p. 462. 1859.

Ich betone ausdrücklich, dass für jede wiederholt angestellte Messung sowol die zu prüfenden Flüssigkeiten, wie die Heber, als auch die Elektroden erneuert wurden.

Vor und nach jeder Beobachtungsreihe wurde der Nadelausschlag für ein Daniell'sches Element ermittelt. Dabei war das Kupfer zur Erde abgeleitet, der Zinkpol mit dem Elektrometer in Verbindung. Die Richtung, in der bei dieser Anordnung die Nadel abgelenkt wurde, sei für sämmtliche Messungen als positiv genommen. Der Heber, in diesem Falle mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, tauchte nur so lange in die beiden getrennt stehenden Gläser, bis 3 oder 5 Umkehrpunkte des Fadenkreuzes auf der Scala abgelesen waren; aus diesen wurde dann die Ruhelage der Nadel abgeleitet, — ein Verfahren, wie es fast ausschliesszur Anwendung kam.

Ich gebe die Resultate meiner Beobachtungen in Tabellen und will nur zur Erläuterung derselben etliche Versuche herausgreifen.

A) L_1, L_2, L_3 sind drei Lösungen von Chlornatrium, und zwar enthält

L_1	25,02	Gewichtsteile	NaCl	in	100	Gew.-T.	Wasser,
L_2	5,09	"	"	"	"	"	"
L_3	0,82	"	"	"	"	"	"

Die Beobachtung zeigte:

$$Ag|L_1 + L_1|L_3 + L_3|Ag = a = 12{,}0, \quad (D = 100)$$
$$Ag|L_2 + L_2|L_3 + L_3|Ag = b = 4{,}0,$$
$$Ag|L_1 + L_1|L_2 + L_2|Ag = c = 7{,}9.$$

Es ist somit **a** — **b** (8,0) sehr nahe der beobachteten Grösse **c** (7,9), d. h.

$$L_1|L_3 + L_3|L_2 = L_1|L_2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{I.}$$

B) L_1 ist eine gesättigte Chlornatriumlösung, L_2 enthält 0,45 Gew.-T. NaCl in 100 Teilen Wasser (W). Aus der Beobachtungsreihe

$$Ag|L_1 + L_1|W + W|Ag = a_1 = 29{,}8,$$
$$Ag|L_2 + L_2|W + W|Ag = a_2 = 13{,}8,$$
$$Ag|L_1 + L_1|L_2 + L_2|Ag = c = 15{,}6$$

ergibt sich, dass die berechnete Zahl $a_1 - a_2 = 16{,}0$ nahe übereinstimmt mit der direct gefundenen Grösse $c = 15{,}6$, d. h., dass die Beziehung stattfindet:

$$L_1|W + W|L_2 = L_1|L_2 \;\ldots\ldots\; \text{II.}$$

Es darf daher die Spannungsdifferenz

$$Ag|L_1 + L_1|L_2 + L_2|Ag$$

sich nicht ändern, wenn man die Lösungen L_1 und L_2 durch ein Wasserrohr verbindet, — ein Schluss, von dessen Richtigkeit man sich hier und in analogen Fällen zur Genüge überzeugte.

Tabellen zu A) und B).

Chlornatrium.

Tabelle I. Specifische Gewichte[1]).

Anzahl der Gew.-T. NaCl in 100 G.-T. H_2O	Spec. Gewicht der Lösungen für t^0	t
0,105	1,002	17,3
0,45	—	—
0,50	—	—
0,82	1,004	24,3

1) Vgl. Gerlach, Salzlösungen; Fresenius, Zeitschrift für analyt. Chemie, VIII. Bd. p. 249. 1869.

F. Kohlrausch, Das elektr. Leitungsvermögen etc. Wiedemann's Ann. Bd. VI, p. 1 ff. 1879.

Anzahl der Gew.-T. NaCl in 100 G.-T. H_2O	Spec. Gewicht der Lösungen für t°	t
2,14	1,011	18,8
5,07	1,030	18,8
5,09	1,033	24,3
10,02	1,064	18,6
10,07	1,064	24,3
15,39	1,098	18,7
19,95	1,122	18,7
25,02	1,148	24,3
30,00	1,172	18,9
*) conc. (36,0)		18,2

Tabelle II. $Ag|L_a + L_a|L_b + L_b|\bar{A}g = c$**).

$\bar{A}g$ = zur Erde abgeleitet.

Zn amalg.	$H_2SO_4 + H_2SO_4$ $\varDelta = 1{,}074$	$CuSO_4 + CuSO_4$ conc.	$\bar{Cu}$ = **100.**

Anzahl der Gew.-T. NaCl in 100 G.-T. H_2O		c		
L_a	L_b	beob.	berechnet als a — b	berechnet als $a_1 - a_2$
conc.	0,45	—	—	16,0
conc.	0,50	15,6	—	—
30,0	0,50	—	—	14,2
19,95	0,50	—	—	11,7

*) Berechnet nach der Formel: k = 35,15 + 0,0477 t. Wislicenus, anorg. Chemie, p. 124. 1877.

) **Anmerkung: Nimmt man L_b = 0,5 und die Verhältniszahlen L_a = 2,14; 5,07; .... 36 als Abscissen, die entsprechenden Spannungen

Anzahl der G.-T. NaCl in 100 G.-T. H_2O		c		
L_a	L_b	beob.	berechnet als	
			a — b	a_1 — a_2
15,39	0,50	—	—	9,2
10,02	0,50	—	—	7,0
5,07	0,50	—	—	4,1
2,14	0,50	—	—	1,4
25,02	0,82	12,0	—	—
10,07	0,82	6,7	—	—
5,09	0,82	4,0	—	—
25,02	5,09	7,9	8,0	—
10,07	5,09	2,5	2,7	—
25,02	10,07	5,5	5,3; 5,4	—
conc.	15,39	5,6	—	5,7

Tabelle III. $Cu|L_a + L_a|L_b + L_b|\overline{Cu} = c.$

Anzahl der Gew.-T. NaCl in 100 G.-T. H_2O		c	
L_a	L_b	beob.	berechnet als a_1 — a_2
conc.	0,45	16,4	—
conc.	0,50	16,3	15,9
30,0	0,50	14,6	14,2
19,95	0,50	—	11,6
15,39	0,50	—	8,7
2,14	0,50	—	1,4

---

c = 1,4; 4,1; .... 15,6 als Ordinaten eines rechtwinkeligen Coordinaten systems, so erhält man die in der beigegebenen Tafel gezeichnete Curve.
Die der ursprünglichen X-axe parallelen Axen beziehen sich auf L_b = 0,82; 10,07; 15,39.

Chlorkalium.

Tabelle I. Specifische Gewichte.

Anzahl der Gew.-T. KCl in 100 G.-T. H_2O.	Spec. Gewicht der Lösungen	t
0,10	1,000	19,7
0,50	1,002	19,3
0,56	1,002	17,3
0,696	1,003	20,1
1,01	1,005	19,7
2,02	1,012	18,6
4,88	1,028	20,1
4,96	1,030	18,5
10,06	1,056	20,1
10,27	1,059	18,8
19,97	1,108	19,5
24,98	1,132	23,5
25,00	1,133	20,1
29,99	1,156	23,5
*) conc. (34,2)	1,177	18,2

Da nun die auf diese secundären Axen bezogenen Ordinatenwerthe sich als Punkte der gezeichneten Curve anschliessen, dürfte damit die Giltigkeit des Spannungsgesetzes für die verschiedenen Chlornatrium-Lösungen deutlich veranschaulicht sein. — Aehnliche Curven erhält man auch für die übrigen Chloride.

*) Berechnet aus der Gleichung: $k = 29,23 + 0,2738\ t$.
Wislicenus, anorg. Chemie, p. 124. 1877.

Tabelle II. $Ag|L_a + L_a|L_b + L_b|\overline{Ag} = c.$

Anzahl der Gew.-T. KCl in 100 G.-T. H_2O		c		
L_a	L_b	beob.	berechnet als	
			a — b	$a_1 - a_2$
25,00	0,70	12,9	—	—
10,06	0,70	6,7	—	—
4,88	0,70	4,7	—	—
25,00	4,88	7,6	8,2	—
10,06	4,88	2,5	2,0	—
25,00	10,06	6,5	6,2	—
conc.	0,10	20,3	—	20,1
30,00	0,10	18,4	—	18,8
24,98	0,10	16,4	—	—
19,97	0,10	—	—	13,7
10,27	0,10	10,4	—	12,2
9,83	0,10	—	—	12,1
4,96	0,10	6,8	—	7,0
2,02	0,10	—	—	4,8
1,01	0,10	—	—	2,1
0,50	0,10	—	—	1,1
conc.	0,50	18,9	—	19,0
30,00	4,96	11,3	11,6	—

Tabelle III. $Cu|L_a + L_a|L_b + L_b|\overline{Cu} = c.$

Anzahl der Gew.-T. KCl in 100 G.-T. H_2O.		c	
L_a	L_b	beob.	berechnet als $a_1 - a_2$
conc.	0,56	17,4	—
conc.	0,56	17,0	—
conc.	1,01	—	14,9
24,98	1,01	—	13,2
9,83	1,01	—	7,4

Chlorammonium.

Tabelle I. Specifische Gewichte.

Anzahl der G.-T. $(NH_4)Cl$ in 100 G.-T. H_2O	Spec. Gewicht	t
0,106	1,001	17,2
0,79	1,002	19,1
2,02	1,005	17,4
5,05	1,013	19,1
10,05	1,026	19,1
10,12	1,028	17,4
20 (circa)	1,047	17,3
25,01	1,056	19,1

Tabelle II. $Ag|L_a + L_a|L_b + L_b|Ag = c$.

Anzahl d. G.-T. $(NH_4)Cl$ in 100 G.-T. H_2O		c		
			berechnet als	
L_a	L_b	beob.	a — b	a_1 — a_2
25,01	0,79	17,1	—	17,4
20 (circa)	0,79	—	—	16,3
10,05	0,79	11,4	—	11,6
5,05	0,79	7,2	—	7,2
2,02	0,79	—	—	3,8
25,01	10,05	5,5	5,7	—

Chlornickel.
($NiCl_2 + 6 H_2O$).

Tabelle I. Specifische Gewichte.

Anzahl der Gew.-T. $NiCl_2$ in 100 G.-T. H_2O	Spec. Gewicht der Lösungen	t
0,66	1,003	14,7
1,06	1,006	14,6
2,22	1,012	14,8
4,93	1,024	15,2
10,02	1,047	15,1
20,14	1,090	14,8
85,30	1,276	15,2
100,0	1,303*)	14,8

Tabelle II. $Cu|L_a + L_a|L_b + L_b|\overline{Cu} = c$.

Anzahl der G.-T. $NiCl_2$ in 100 G.-T. H_2O		c		
			berechnet als	
L_a	L_b	beob.	a — b	$a_1 - a_2$
100,0	0,66	8,8	—	—
85,30	0,66	8,7	—	—
20,14	0,66	5,7	—	—
4,93	0,66	3,9	—	—
2,22	0,66	3,2	—	—
1,06	0,66	0,4	—	—
85,30	1,06	—	8,3	8,3
20,14	1,06	—	5,3	—
10,02	1,06	—	—	4,3

*) Eine quantitative Bestimmung ergab in 2 ccm der Lösung 0,41 gr NiO.
Diesem entsprechen 0,711 gr wasserfreies Nickelchlorür ($NiCl_2$) oder 1,801 gr wasserhaltiges Chlorür ($NiCl_2 + 6 H_2O$).

C) Mit *L* und *M* bezeichne ich irgend zwei Lösungen von Chloriden verschiedener Metalle aus der Reihe $(NH_4)Cl$, KCl, $NaCl$, $NiCl_2$; es sei z. B.

L die concentrirte Lösung von $(NH_4)Cl$,
M „ „ „ „ $NaCl$,
W destillirtes Wasser.

Aus den beiden Beobachtungen

$$Ag|L + L|W + W|\overline{Ag} = l = 35{,}2$$
$$Ag|M + M|W + W|\overline{Ag} = m = 29{,}8$$

ergibt sich durch Subtraction

$$l - m = Ag|L + L|W + W|M + M|\overline{Ag} = 5{,}4,$$

eine Grösse, die der beobachteten Zahl

$$c = Ag|L + L|M + M|\overline{Ag} = 4{,}9$$

nahe kommt.

Es ist daher

$$L|W + W|M = L|M \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{III.}$$

$$Ag \;\Big|\; \underset{\text{conc.}}{NH_4Cl} + NH_4Cl \;\Big|\; W + W \;\Big|\; \overline{Ag} = 35{,}2$$

$$Ag \;\Big|\; \underset{\text{conc.}}{KCl} + KCl \;\Big|\; W + W \;\Big|\; \overline{Ag} = 33{,}5$$

$$Ag \;\Big|\; \underset{\text{conc}}{NH_4Cl} + NH_4Cl \;\Big|\; \underset{\text{conc.}}{KCl} + KCl \;\Big|\; \overline{Ag} = 1{,}8; \text{ ber. } 1{,}7.$$

$$Ag \;\Big|\; \underset{\text{conc.}}{NaCl} + NaCl \;\Big|\; W + W \;\Big|\; \overline{Ag} = 29{,}8$$

$$Ag \;\Big|\; \underset{0{,}56}{KCl} + KCl \;\Big|\; W + W \;\Big|\; \overline{Ag} = 14{,}5$$

$$Ag \;\Big|\; \underset{\text{conc.}}{NaCl} + NaCl \;\Big|\; \underset{0{,}56}{KCl} + KCl \;\Big|\; \overline{Ag} = 15{,}6; \text{ ber. } 15{,}3.$$

$$\mathrm{Cu} \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{\mathrm{NaCl}} + \mathrm{NaCl} \,\Big|\, \mathrm{W} + \mathrm{W} \,\Big|\, \overline{\mathrm{Cu}} = 24{,}0$$

$$\mathrm{Cu} \,\Big|\, \underset{100}{\mathrm{NiCl_2}} + \mathrm{NiCl_2} \,\Big|\, \mathrm{W} + \mathrm{W} \,\Big|\, \overline{\mathrm{Cu}} = 15{,}1$$

$$\mathrm{Cu} \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{\mathrm{NaCl}} + \mathrm{NaCl} \,\Big|\, \underset{100}{\mathrm{NiCl_2}} + \mathrm{NiCl_2} \,\Big|\, \overline{\mathrm{Cu}} = 8{,}7;\ \text{ber. } 8{,}9.$$

D) Um nun endlich noch zu zeigen, wie sich je 3 Lösungen der Chloride L, M, N gegenseitig verhalten, wurde zwischen 2 Lösungen L, M irgend eine Lösung des dritten Chlorids eingeschaltet.

Es war

$$\mathrm{Cu} \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{\mathrm{NaCl}} + \mathrm{NaCl} \,\Big|\, \mathrm{W} + \mathrm{W} \,\Big|\, \overline{\mathrm{Cu}} = 24{,}0$$

$$\mathrm{Cu} \,\Big|\, \underset{0{,}66}{\mathrm{NiCl_2}} + \mathrm{NiCl_2} \,\Big|\, \mathrm{W} + \mathrm{W} \,\Big|\, \overline{\mathrm{Cu}} = 6{,}1.$$

Hieraus berechnet sich nach Gleichung III

$$\mathrm{Cu} \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{\mathrm{NaCl}} + \mathrm{NaCl} \,\Big|\, \underset{0{,}66}{\mathrm{NiCl_2}} + \mathrm{NiCl_2} \,\Big|\, \overline{\mathrm{Cu}} = 17{,}9.$$

Wurde nun zur Verbindung der beiden genannten Lösungen ein Heber, gefüllt mit $\mathrm{NH_4Cl}$ (0,106) angewendet, so erhielt man für die Combination

$$\mathrm{Cu} \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{\mathrm{NaCl}} + \mathrm{NaCl} \,\Big|\, \underset{0{,}106}{\mathrm{NH_4Cl}} + \mathrm{NH_4Cl} \,\Big|\, \underset{0{,}66}{\mathrm{NiCl_2}} + \mathrm{NiCl_2} \,\Big|\, \overline{\mathrm{Cu}}$$

die Potentialdifferenz 18,2.

Es ist also sehr nahe

$$\mathrm{NaCl}|\mathrm{NH_4Cl} + \mathrm{NH_4Cl}|\mathrm{NiCl_2} = \mathrm{NaCl}|\mathrm{NiCl_2},$$

d. h.

$$\mathbf{L}|\mathbf{M} + \mathbf{M}|\mathbf{N} = \mathbf{L}|\mathbf{N} \;\ldots\; \mathbf{IV}.$$

E) Die Chloride in Berührung mit $CuSO_4$.

$$Cu \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{KCl} + KCl \,\Big|\, CuSO_4 + \underset{\text{conc.}}{CuSO_4} \,\Big|\, \overline{Cu} = 34{,}1$$

$$Cu \,\Big|\, \underset{0{,}56}{KCl} + KCl \,\Big|\, CuSO_4 + \underset{\text{conc.}}{CuSO_4} \,\Big|\, \overline{Cu} = 18{,}3$$

$$Cu \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{KCl} + \underset{\text{conc.}}{KCl} \,\Big|\, \underset{0{,}56}{KCl} + \underset{0{,}56}{KCl} \,\Big|\, \overline{Cu} = 17{,}0; \text{ ber. } 15{,}8.$$

Daher annähernd

$$L_1|CuSO_4 + CuSO_4|L_2 = L_1|L_2 \quad \ldots\ldots \quad V.$$

Ferner

$$\left.\begin{array}{l} Cu \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{NH_4Cl} + NH_4Cl \,\Big|\, W + W \,\Big|\, \overline{Cu} = 29{,}3 \\ Cu \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{KCl} + KCl \,\Big|\, W + W \,\Big|\, \overline{Cu} = 28{,}4 \\ Cu \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{NaCl} + NaCl \,\Big|\, W + W \,\Big|\, \overline{Cu} = 27{,}0 \end{array}\right\}$$

$$\left.\begin{array}{l} Cu \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{NH_4Cl} + NH_4Cl \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{CuSO_4} + CuSO_4 \,\Big|\, \overline{Cu} = 35{,}2 \\ Cu \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{KCl} + KCl \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{CuSO_4} + CuSO_4 \,\Big|\, \overline{Cu} = 34{,}1 \\ Cu \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{NaCl} + NaCl \,\Big|\, \underset{\text{conc.}}{CuSO_4} + CuSO_4 \,\Big|\, \overline{Cu} = 32{,}9. \end{array}\right\}$$

Hieraus

$$\left.\begin{array}{l} Cu|NH_4Cl + NH_4Cl|KCl + KCl|\overline{Cu} = 0{,}9 = a; \\ Cu|NH_4Cl + NH_4Cl|NaCl + NaCl|\overline{Cu} = 2{,}3 = b; \end{array}\right\} \text{ und}$$

$$\left.\begin{array}{l} Cu|NH_4Cl + NH_4Cl|CuSO_4 + CuSO_4|KCl + KCl|\overline{Cu} = 1{,}1 = a'; \\ Cu|NH_4Cl + NH_4Cl|CuSO_4 + CuSO_4|NaCl + NaCl|\overline{Cu} = 2{,}3 = b'. \end{array}\right\}$$

d. h. $a = a'$; $b = b'$ oder

$$L|CuSO_4 + CuSO_4|M = L|M \quad \ldots\ldots \quad VI.$$

F) Die Chloride in Berührung mit Säuren.

Tabelle I. $Ag|L + L|H_2SO_4 + H_2SO_4|\overline{Ag} = e.$

L		H_2SO_4	e
Salz	Anzahl der Gew.-T. des Salzes in 100 G.-T. H_2O	Δ	
$(NH_4)Cl$	conc.	1,067	29,4
	0,79	1,067	3,6
KCl	conc.	1,074	29,7
	conc.	1,067	28,9
	30,0	1,067	25,4
	0,5	1,067	1,4
NaCl	conc.	1,074	29,6
	der Conc. nahe	1,067	28,9
	0,82	1,069	0,0

Tabelle II. $Ag|L + L|HCl + HCl|\overline{Ag} = e.$

L		HCl	e
Salz	Anzahl der Gew.-T. in 100 G.-T. H_2O	Δ	
NH_4Cl	conc.	1,008	15,7
KCl	conc.	1,008	13,5
	0,56	1,008	— 9,5
NaCl	0,45	1,008	— 10,0

Tabelle III. $\underset{amalg.}{Zn} | L + L | S + S | \underset{amalg.}{Zn} = e.$

L		Säure	e
Salz	Anzahl der Gew.-T. in 100 T. H_2O		
KCl	24,98	H_2SO_4 (1,067)	0,9
	0,70	H_2SO_4 (1,067)	— 15,0
KCl	30,00	HCl (1,008)	0,6
	0,50	HCl (1,008)	— 17,5

Tabelle IV. $Cu | L + L | H_2SO_4 + H_2SO_4 | Cu = e.$

L		H_2SO_4 Δ	e
Salz	Anzahl der Gew.-T. in 100 G.-T. H_2O		
NH_4Cl	conc.	1,074	28,4
	0,11	1,074	— 0,4
KCl	conc.	1,074	28,5
	0,56	1,074	3,2
NaCl	conc.	1,074	28,7
	0,11	1,074	0,0
$NiCl_2$	100,0	1,074	21,0
	0,66	1,074	0,0

Tabelle V. $Cu|L + L|HCl + HCl|\overline{Cu} = e$.

L		HCl	e
Salz	Anzahl der Gew.-T. in 100 G.-T. H_2O	Δ	
NH_4Cl	conc.	1,008	13,0
KCl	conc.	1,008	12,0
	0,56	1,008	— 9,6
NaCl	conc.	1,008	13,4
	0,45	1,008	— 8,9
$NiCl_2$	100,0	1,008	36
	0,66	1,008	— 13,8

Resultate.

Die unter A) bis F) angeführten Versuche liefern folgende Sätze:

1. Die wässerigen Lösungen der Chloride

$(NH_4)Cl$, KCl, NaCl und $NiCl_2$,

seien es verschiedenprocentige Lösungen eines Chlorids oder irgend welche Verdünnungen von Salzen verschiedener Metalle, befolgen sehr nahe das Volta'sche Spannungsgesetz[1]).

2. Dasselbe gilt auch für die Chloride in Berührung mit destillirtem Wasser oder einer wässerigen Lösung von Kupfervitriol.

1) Vgl. L. Schmidt, Pogg. Ann. Bd. 109, p. 106. 1860.

3. Ist L_1 die concentrirte Lösung, L_2 eine verdünnte Lösung eines Chlorids aus der oben angeführten Reihe, so wird die Potentialdifferenz c der Combination

$$M|L_1 + L_1|L_2 + L_2|M \qquad (M = Ag \text{ oder } Cu)$$

im allgemeinen um so grösser, je geringer die Löslichkeit des betr. Salzes ist.

4. Dem Potentialunterschiede

$$M|L_1 + L_1|L_2 + L_2|\overline{M} = +c$$

entspricht ein Strom in der Richtung von L_1 zu L_2.

a) Sind nun L_1 und L_2 Lösungen eines Chlorids, L_2 die specifisch leichtere, so geht der Strom im Innern der Combination in der Richtung von der specifisch schwereren zur specifisch leichteren Salzlösung.

b) Substituirt man für L_2 destillirtes Wasser oder eine $CuSO_4$-Lösung, so erhält man einen Strom in der Richtung vom Chlorid zum Wasser, bez. $CuSO_4$.

c) Die Richtung des Stromes ist für die Elektroden Silber, Kupfer oder Zink die nämliche.

5. Die Chloride

$$(NH_4)Cl, \; KCl, \; NaCl \text{ und } NiCl_2$$

in Berührung mit verdünnten Säuren (H_2SO_4, HCl) befolgen das Volta'sche Spannungsgesetz nicht.

6. In der Combination

$$\left.\begin{matrix} Ag \\ Cu \end{matrix}\right\} L + L|H_2SO_4 + H_2SO_4 \left\{\begin{matrix} \overline{Ag} \\ \overline{Cu} \end{matrix}\right. = e$$

geht der Strom vom Chlorid zur Schwefelsäure; e ist am grössten, wenn L concentrirt und kommt der Null nahe, wenn die Lösung verdünnt ist.

Dagegen hat in der Combination

$$\begin{array}{c|c|c|l} \text{Zn} & & & \overline{\text{Zn}} = e \\ \text{amalg.} & L + L & H_2SO_4 + H_2SO_4 & \text{amalg.} \end{array}$$

der Strom die Richtung von der Säure zum Chloride; und während e für L = conc. sehr klein ist, wächst e mit Verdünnung der Lösung.

7. Das Element

$$\left.\begin{array}{c} Ag \\ Cu \end{array}\right\} L + L|HCl + HCl \left\{\begin{array}{c} \overline{Ag} \\ \overline{Cu} \end{array}\right.$$

liefert einen Strom in der Richtung von L zu HCL, wenn L conc., einen Strom in entgegengesetzter Richtung, wenn L sehr verdünnt ist.

G) Wenn man zwei Flüssigkeiten F_1 und F_2 einmal mit dem Metalle M_1, ein zweites Mal mit dem Metalle M_2 in Berührung bringt und hiebei die elektromotorischen Kräfte a_1 und a_2 erhält, d. i.

$$M_1|F_1 + F_1|F_2 + F_2|M_1 = a_1$$
$$M_2|F_1 + F_1|F_2 + F_2|M_2 = a_2,$$

so liefert die Differenz $a_1 - a_2$ das Mass für die Differenz der Potentialunterschiede

$$\left\{ M_2|F_2 + F_2|M_1 \right\} - \left\{ M_2|F_1 + F_1|M_1 \right\}.$$

Diess folgt einfach durch Subtraction der beiden Gleichungen für a_1 und a_2, wurde aber, um früher gewonnene Resultate zu prüfen, auch experimentell bestätigt.

Die hierauf bezüglichen Beobachtungen sind die folgenden:

$$\text{a)}\quad \left.\begin{array}{l|l|l|l} Ag & NH_4Cl + NH_4Cl & W + W & \overline{Ag} = 35{,}2 = a_1 \\ & \text{conc.} & & \\ Cu & NH_4Cl + NH_4Cl & W + W & \overline{Cu} = 29{,}3 = a_2 \\ & \text{conc.} & & \end{array}\right\}$$

$$\left.\begin{array}{l|c|l} Cu & W \quad + \quad W & \overline{Ag} = 19{,}2 \\ Cu & NH_4Cl + NH_4Cl & \overline{Ag} = 13{,}1 \\ & \text{conc.} \qquad \text{conc.} & \end{array}\right\}$$

Somit

Cu | W | $\overline{\mathrm{Ag}}$ — Cu | NH_4Cl conc. | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 6,1; berechn. 5,9.

b) Ag | KCl conc. + KCl | W + W | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 33,5

Cu | KCl conc. + KCl | W + W | $\overline{\mathrm{Cu}}$ = 28,4

Cu | KCl conc. + KCl conc. | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 13,2.

Cu | W | $\overline{\mathrm{Ag}}$ — Cu | KCl conc. | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 6,0; berechn. 5,1.

c) Ag | NaCl conc. + NaCl | W + W | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 29,8

Cu | NaCl conc. + NaCl | W + W | $\overline{\mathrm{Cu}}$ = 27,0

Cu | NaCl conc. + NaCl conc. | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 17,0

Cu | W | $\overline{\mathrm{Ag}}$ — Cu | NaCl conc. | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 2,2; berechn. 2,8.

d) Ag | NaCl conc. + NaCl conc. | NaCl 0,5 + NaCl 0,5 | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 15,8;

Cu | NaCl conc. + NaCl conc. | NaCl 0,5 + NaCl 0,5 | $\overline{\mathrm{Cu}}$ = 16,1.

Cu | NaCl conc. + NaCl conc. | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 17,0

Cu | NaCl 0,5 + NaCl 0,5 | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 16,5.

Cu | NaCl conc. | $\overline{\mathrm{Ag}}$ — Cu | NaCl 0,5 | $\overline{\mathrm{Ag}}$ = 0,5; berechn. 0,3.

e)
$$\left.\begin{array}{c|cc|cc|l}
\text{Zn} & \text{KCl} + & \text{KCl} & \text{KCl} + & \text{KCl} & \overline{\text{Zn}} = 12{,}3 \\
\text{amalg.} & \text{conc.} & \text{conc.} & 0{,}5 & 0{,}5 & \text{amalg.} \\
\text{Cu} & \text{KCl} + & \text{KCl} & \text{KCl} + & \text{KCl} & \overline{\text{Cu}} = 17{,}0. \\
 & \text{conc.} & \text{conc.} & 0{,}5 & 0{,}5 &
\end{array}\right\}$$

$$\left.\begin{array}{c|c|l}
\text{Zn} & \text{KCl} & \overline{\text{Cu}} = 61{,}9 \\
 & \text{conc} & \\
\text{Zn} & \text{KCl} & \overline{\text{Cu}} = 66{,}0. \\
 & 0{,}5 &
\end{array}\right\}$$

$$\begin{array}{c|c|c|c|l}
\text{Zn} & \text{KCl} & \overline{\text{Cu}} - \text{Zn} & \text{KCl} & \overline{\text{Cu}} = 4{,}1;\ \text{berechn. } 4{,}7. \\
\text{amalg.} & 0{,}5 & \text{amalg.} & \text{conc.} &
\end{array}$$

H) Schliesslich erwähne ich noch eine Reihe von Versuchen über die freie Spannung in Elementen aus zwei Metallen und zwei Flüssigkeiten:

$$M_1|F_1 + F_1|F_2 + F_2|M_2 = E.$$

1. Ist
$$\mathrm{M_1|F_1 + F_1|M_2 = a_1,}$$
$$\mathrm{M_1|F_2 + F_2|M_2 = a_2;}$$

ferner
$$\mathrm{M_1|F_1 + F_1|F_2 + F_2|M_1 = b_1,}$$
$$\mathrm{M_2|F_1 + F_1|F_2 + F_2|M_2 = b_2:}$$

so erhält man sowol durch Addition von a_1 und b_2, als auch aus der Summe $a_2 + b_1$ die Potentialdifferenz im Elemente

$$\mathrm{M_1|F_1 + F_1|F_2 + F_2|M_2.}$$

$$\mathrm{E = a_1 + b_2 = a_2 + b_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ \mathrm{I.}$$

2. Sind L_1 und L_2 zwei verschiedenprocentige Lösungen eines Salzes, die in Berührung mit der Flüssigkeit F dem Spannungsgesetze gehorchen, ferner

$$\mathrm{M_1|L_1 + L_1|F + F|M_2 = E_1,}$$
$$\mathrm{M_1|L_2 + L_2|F + F|M_2 = E_2:}$$

so ist der Unterschied

$$\mathrm{E_1 - E_2 = M_1|L_1 + L_1|L_2 + L_2|M_1} \quad \ldots\ldots\ \mathrm{II.}$$

Um diese beiden Sätze experimentell zu bestätigen, beginne ich mit dem Elemente

$$Zn|KCl + KCl|CuSO_4 + CuSO_4|Cu,$$

welches zwei Flüssigkeiten enthält, die dem Spannungsgesetze folgen.

$$\textbf{a)}\quad \begin{array}{c|c|c|l} \textbf{Zn} & \textbf{KCl} + \textbf{KCl} & \textbf{CuSO}_4 + \textbf{CuSO}_4 & \textbf{Cu} = \textbf{E}. \\ \textbf{amalg.} & & & \end{array}$$

V o r b e m e r k u n g e n :

Die Chlorkaliumlösung L_1 war concentrirt, L_2 enthielt 0,56 Gew.-T. in 100 Gew.-T. Wasser. $CuSO_4$ war gesättigt.

Zimmertemperatur: 16,6° — 16,9°; Temperatur der Lösungen: 15,3° — 15,5°.

1. Zn|KCl|Cu.

$$\begin{array}{c|c|l} Zn & KCl & \overline{Cu} = 61{,}9 = a_1 \\ & conc. & \\ Zn & KCl & \overline{Cu} = 66{,}0 = a_1'. \\ & 0{,}56 & \end{array}$$

2. $Cu|KCl + KCl|CuSO_4 + CuSO_4|Cu$.

$$\begin{array}{c|c|c|l} Cu & KCl + KCl & CuSO_4 + CuSO_4 & \overline{Cu} = 34{,}0 = b_1 \\ & conc.\quad conc. & conc.\qquad conc. & \\ Cu & KCl + KCl & CuSO_4 + CuSO_4 & \overline{Cu} = 18{,}3 = b_1'. \\ & 0{,}56\quad 0{,}56 & conc.\qquad conc. & \end{array}$$

3. $Zn|KCl + KCl|CuSO_4 + CuSO_4|Cu$.

$$\begin{array}{c|c|c|l} \textbf{Zn} & KCl + KCl & CuSO_4 + CuSO_4 & \overline{Cu} = E_1 = 96{,}1;\ ber.\ 95{,}9 \\ & conc. & conc. & \\ \textbf{Zn} & KCl + KCl & CuSO_4 + CuSO_4 & \overline{Cu} = E_2 = 84{,}7;\ ber.\ 84{,}3. \\ & 0{,}56\quad 0{,}56 & conc. & \end{array}$$

Daher

$$E_1 = a_1 + b_1$$

$$E_2 = a_1' + b_1' \text{ und}$$

$$E_1 - E_2 = 11{,}4 = \begin{array}{c|c|c|l} Zn & KCl + KCl & KCl + KCl & \overline{Zn}\ (= 12{,}0). \\ & conc.\quad conc. & 0{,}56\quad 0{,}56 & \end{array}$$

Es nimmt also die elektromotorische Kraft des Elements

$$Zn|KCl + KCl|CuSO_4 + CuSO_4|Cu$$

mit Verdünnung der Chlorkaliumlösung ab[1]).

Ueber die zweite Art der Zusammensetzung des genannten Elements aus

$$Zn|CuSO_4 + CuSO_4|Cu$$
$$+ Zn|KCl + KCl|CuSO_4 + CuSO_4|Zn$$

konnten keine Versuche angestellt werden, da sich Zink beim Einsenken in Kupfervitriollösung sofort mit metallischem Kupfer beschlägt, die Lösung also in der Nähe des Zinks sich sehr rasch ändert.

b) Zn amalg. | $ZnSO_4 + ZnSO_4$ | $CuSO_4 + CuSO_4$ | Cu = E.

Vorbemerkungen:

L_1 = $ZnSO_4$ concentrirt; Δ = 1,463; t = 17,2.

L_2 = 0,62 Gew.-T. Zinkvitriol ($ZnSO_4 + 7H_2O$) in 100 Gew.-T. Wasser; Δ = 1,005; t = 16,7°.

F = $CuSO_4$ concentrirt; Δ = 1,186; t = 17,2°.

Temperatur der Lösungen: 15,3° — 17,3°.

1. $Zn|ZnSO_4|Cu$.

Zn	$ZnSO_4$ 0,62	$\bar{Cu}$ =	82,6	Mittel = 82,4 = a_1.
			82,9	
			81,9	
			82,2	
			82,2	

Zn	$ZnSO_4$ conc.	$\bar{Cu}$ =	80,5	Mittel = 80,5 = a'_1.
			80,4	

1) G. Baumgartner, Carl's Repert. XV. 105—113. 1879.

2. *Cu|ZnSO₄ + ZnSO₄|CuSO₄ + CuSO₄|Cu.*

Cu	$ZnSO_4$ + $ZnSO_4$ 0,62	$CuSO_4$ + $CuSO_4$ conc.	$\bar{Cu}$ =	7,6 7,4 7,7 7,6 7,9	Mittel = 7,6 = b_1.
Cu	$ZnSO_4$ + $ZnSO_4$ conc.	$CuSO_4$ + $CuSO_4$ conc.	$\bar{Cu}$ =	6,7	= b_1'.

3. *Zn|ZnSO₄ + ZnSO₄|CuSO₄ + CuSO₄|Cu.*

Zn	$ZnSO_4$ + $ZnSO_4$ 0,62	$CuSO_4$ + $CuSO_4$ conc.	$\bar{Cu}$ =	90,2 89,9 90,4 90,1	Mittel = 90,2 = E_1.
Zn	$ZnSO_4$ + $ZnSO_4$ conc.	$CuSO_4$ + $CuSO_4$ conc.	$\bar{Cu}$ =	86,4 86,8 87,0	Mittel = 86,7 = E_2.

4. $Zn|L_2 + L_2|L_1 + L_1|\bar{Zn}$ = 3,9; 4,0; 3,9; 3,9 — Mittel = 3,9.
L_2 = 0,62
L_1 = conc.

Zn	$ZnSO_4$ + $ZnSO_4$ 0,62	H_2O + H_2O	$\bar{Zn}$ =	21,3 21,4 21,6	Mittel = 21,4.
Zn	$ZnSO_4$ + $ZnSO_4$ conc.	H_2O + H_2O	$\bar{Zn}$ =	17,1 17,9	Mittel = 17,5.

Folgerungen:

1. **Das Spannungsgesetz gilt für verschiedene Lösungen von Zinkvitriol in Berührung mit Wasser.**

2. In der Combination

$$Zn|L_2 + L_2|L_1 + L_1|\overline{Zn} = +c$$

geht der Strom von der verdünnten zur concentrirten Lösung[1]), in der Combination

$$Zn|L + L|W + W|\overline{Zn}$$

vom Zinkvitriol zum Wasser.

	beob.	ber.
3. $a_1 + b_1 = E_1$	90,2;	90,0.
$a'_1 + b'_1 = E_2$	86,7;	87,2.

4. $E_1 - E_2$ (3,5) $= Zn|L_2 + L_2|L_1 + \overline{L_1}|Zn$ (3,0).

Hieraus folgt die Giltigkeit des Spannungsgesetzes für Lösungen von Zink- und Kupfersulfat.[2]).

5. Die Potentialdifferenz der Combination

$$Zn|ZnSO_4 + ZnSO_4|CuSO_4 + CuSO_4|Cu$$

nimmt mit Verdünnung der Zinkvitriollösung zu[3]).

Ich beschränke mich auf Mitteilung dieser Versuche, indem ich mir die Veröffentlichung einer Reihe weiterer Untersuchungen über die hier nicht erwähnten Chloride vorbehalte.

Endlich sei es mir noch gestattet, an dieser Stelle dem Vorstande unseres Laboratoriums, Herrn Prof. Dr. W. v Beetz, für die freundliche Unterstützung mit Rat und That meinen innigsten Dank auszusprechen.

---

1) A. Eccher, N. Cim. (3) V, p. 5—34. 1879. Beiblätter 1879, p. 517.
J. Moser, Wiedem. Ann. Bd. III. p. 216. 1878.

2) Wild, Pogg. Ann. Bd. 103, p. 353. 1858.

3) Svanberg, Pogg. Ann. Bd. 73, p. 290. 1848.
Streintz, Wien. Ber. LXXVII, 21. März 1878. Separat-Abzug p. 3.

Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

Vom naturwissenschaftlichen Verein für Sachsen und Thüringen in Halle a. S.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Bd. 52 in 6 Heften. Berlin 1880. 8⁰.

Von der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien:

Jahrbuch. Jahrg. 1880. 3. Bd. 1880. 4⁰.

Vom Verein für Naturkunde in Cassel:

26. und 27. Bericht für die Jahre 1878—1880. 8⁰.

Von der k. Sternwarte in Prag:

Astronomische, magnetische und meteorologische Beobachtungen im Jahre 1879. 40. Jahrg. 1880. 4⁰.

Von der deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin:

Berichte. Jahrg. XIII. 1880. 8⁰.

Von der Ministerialkommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

Ergebnisse der Beobachtungsstationen. Jahrg. 1879. Heft XII. Berlin 1880 quer 4⁰.

Von der Medical and chirurgical Society in London:

Medico-chirurgical Transactions. II. Series. Vol. 44. 1879. 8⁰.

Von der Geological Society in London:

The quarterly Journal. Vol. 36. 1880. 8°.

Von der Royal Astronomical Society in London:

Memoirs. Vol. 41. 1879. 4°.

Vom New Zealand Institute in Wellington:

Transactions & Proceedings. 1875—79. 8°.

Von der Akademie der Wissenschaften in Krakau:

a. Fizyografija. Tom. 13. 1879. 8°.
b. Rozprawy matemat. Tom. 6. 1880. 8°.

Von der American geographical Society in New-York:

Journal. Vol. 10. 1878. 8°.

Vom Dudley-Observatory in Albany, New-York:

Declinations of fixed Stars by Lewis Ross.

Von der Redaction des American Journal in New-Haven:

The American Journal of Science and Arts. 1879. 8°.

Von der Société botanique de France in Paris:

Bulletin. Tom. XXVII. 1880. 8°.

Von der Société entomologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. XXII. 1879. 8°.

Von der Entomologisk Förening in Stockholm:

Entomologisk Tidskrift. Bd. I. 1880. 8°.

Von der Zoological Society in London:

a. Proceedings 1880. Part. I. 8°.

b. Transactions. Vol. XI. 1879—80. 4°.
c. List of the vertebrated Animals in the Gardens of the Zoological Society. First Supplement 1879. 8°.

Von der Redaktion der Chemiker-Zeitung in Cöthen:

a. Chemiker-Zeitung. Jahrgang 4. 1880. Nr. 27—32. 1880. Folio.
b. Nr. 33. 34. 36. 37. 38. 39—45. 1880. 4°.

Von der Société de géographie in Paris:

Bulletin Mars, Avril, Juin 1880. 8°.

Von der Biblioteca nazionale in Florenz:

Publicazioni del R. Istituto di studi superiori. Sezione di scienze fisiche, 5 Hefte. 1877—79. 4°.

Von der k. Akademie der Wissenschaften in Amsterdam:

Verhandlungen. Afd. Naturkunde Bd. XIX.

Von der Administration des mines en Finlande in Helsingfort:

Finlands geologiska Undersökning. Kartbladet Nr. 2 nebst Beskrifning, af K. Ad. Moberg. 1880. 8°.

Vom Observatory in Adelaide (South-Australia).

Meteorological Observations made at the Adelaide Observatory during the year 1878. 1879 Fol.

Vom Observatorio de marina in San Fernando.

Almanaque niutico para 1881 und 1882. Madrid 1879—80. 8°.

Von der Philosophical Society in Washington:

Bulletin Vol. I—III. 1874—1880. 8°.

Vom physicalischen Verein in Frankfurt a/M.:

Jahresbericht für das Jahr 1878—79. 1880. 8°.

Vom Observatory in Batavia:

Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indie. 1. Jahrg. 1879. 1880. 8°.

Von der American medical Association in Washington:

Transactions. Vol. XXX. Philadelphia 1879. 8°.

Von der American pharmaceutical Association in Philadelphia:

Proceedings of the 27 annual Meeting held in Indianopolis 1879. 1880. 8°.

Von der American Academy of Arts and Sciences in Boston:

Proceedings. Vol. XV. 1880. 8°.

Von der Academy of natural sciences in Philadelphia:

Proceedings Part. I—III. 1879. 8°.

Von der Boston-Society of natural History in Boston:

a. Proceedings. Vol. XX. 1879—80. 8°.
b. Memoirs. Vol. III. Part. I. 1879. 4°.
c. Occasional Papers III. Contributions to the Geology of Eastern Massachusetts by Will. O. Crosby. 1880. 8°.

Von der Academy of science in St. Louis:

Transactions. Vol. IV. 1880. 8°.

Vom Departement of the Interior in Washington:

Report of the U. S. Geological Survey of the Territories by T. V. Hayden. Vol. XII. 1879. 4°.

Vom United States Naval Observatory in Washington:

a. Washington Astronomical Observatorions for 1876. Appendix I. 1879. 4°.

b. Cataloque of the Library of the U. S. Naval Observatory, Washington. 1879. 4°.

Vom Departement of Statistics and Geology in Indianopolis:

First anual Report 1879. 1880. 8°.

Von der Royal Society of Victoria in Melbourne:

Transactions and Proceedings. Vol. XVI. 1880. 8°.

Von der Société botanique de France in Paris:

Bulletin. Tom. 26. Session extraordinaire à Aurillax 1879. 1880. 8°.

Von der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Jokohama:

Mittheilungen Juni 1880. Fol.

Von der Coast Survey Office in Washington:

Report of the U. S. Coast Survey for 1876. Text und Taf. 2 voll. 1879. 4°.

Von der Sociedad de geografia in Mexico:

Boletin. Tomo 5. 1880. 8°.

Vom Astronomical Observatory of Harvard College in Chambridge, Mass:

a. Annals. Vol. XII. 1880. 4°.
b. Catalogue of 618 Stars by Will. A. Rogers in Chambridge, Mass. 1880. 4°.

Von der k. Gesellschaft der Wissenschaften in Upsala:

Bulletin météorologique mensuel. Vol. VIII & IX. Année 1876—77. 1878. 4°.

Vom Herrn C. A. F. Peters in Kiel:

Astronomische Nachrichten Bd. 95 und 96. 1879—80. 4°.

Vom Herrn Albert R. v. Miller-Hauenfels in Graz:

Die Dual-Funktionen und die Integration. 1880. 8.

Vom Herrn Julius v. Haast in Christchurch, Neuseeland:

Geology of the Provinces of Canterbury and Westland, New-Zealand. 1879. 8°.

Vom Herrn Delesse in Paris:

Carte agronomique du Département de Seine et Marne. 1880. 8°.

Vom Herrn Giovanni Omboni in Padova:

Il gabinetto di mineralogica e geologica della R. Università di Padova. 1880. 8°.

Vom Herrn F. Louis Oliveres y de Boncu in Badajoz:

De la cloralizacion en la extraccion de las cataratas. 1880. 8°.

Vom Herrn F. Sandberger in Würzburg:

Ueber die Bildung von Erzgängen mittelst Auslaugung des Nebengesteins. Berlin 1880. 8°.

Vom Herrn Aug. Henry Wartmann in Genf:

Recherches sur l'enchondrome. 1880. 8°.

Vom Herrn Augustino Todaro in Palermo:

Hortus botanicus Parormitanus. Text p. 73—90. Tafel 19—24. Titel und Index. 1875—80. Fol.

Vom Herrn Edward J. Morse in Salem, Mass:

The Omori Shell Mounds. London 1880. 8°.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 8. Januar 1881.

Herr A. Vogel trägt vor:

„Beitrag zur Kenntniss des Copal's."

Bei den so überaus verschiedenen Copalsorten des Handels ist die bisher übliche einfache Bezeichnung „Copal" thatsächlich viel zu allgemein gefasst.

Schon Berzelius erwähnt in seinem Lehrbuche[1]) drei Sorten von Copal. Die eine findet sich nach seiner Angabe in Westindien, eine andere in Ostindien, eine dritte endlich wird auf der Küste von Guinea aus dem Sande gegraben. Später beschreibt Schindler[2]) unter den im Handel vorkommenden Copalsorten ostindischen, auch afrikanischen oder weichen Copal. Altes Terpentinöl äussert auf denselben geringe Einwirkung, frischeres löst ihn zu gleichen Gewichtstheilen, und rektificirtes oder mit Schwefel digerirtes Terpentiöl kann das doppelte Gewicht davon auflösen. In altem Rosmarinöl quillt dieser Copal nur auf,

1) Bd. VII. S. 53.

2) Le Technologiste, Fevr. 1850. S. 238.

von frischem Rosmarinöl dagegen wird er in jedem Verhältnisse klar gelöst. Der nämliche Autor führt dann westindischen oder amerikanischen, auch harten Copal an. Von letzterem löst selbst absoluter Alkohol nur sehr geringe Mengen auf. Rektificirtes Terpentinöl löst auch nach langer Digestion nur geringe Quantitäten davon auf, selbst frisches Rosmarinöl bringt diese Sorte nur zum Aufquellen, ohne sie zu lösen. Westindischer, auch Insektencopal verhält sich zu Lösungsmitteln wie der harte, ohne aber dessen nützliche Eigenschaften zu besitzen, so dass er kaum brauchbar erscheint.

Auch über Ursprung und Heimath der Copale war man lange Zeit nichtsweniger, als im Klaren. Eine genaue und ausführliche, von grosser Sachkenntniss zeugende Nachricht darüber gibt uns erst C. H. Worlée[1]). Er unterscheidet

1. Copal von Zanguebar, ostindischen, Bombay-, Salem-Copal. Letzterer ist der härteste von allen Sorten und liefert den dauerhaftesten Lack, weshalb er in England fast ausschliesslich zur Herstellung des bekannten englischen Wagenlacks benützt wird. Fast ebenso hart wie Bernstein lässt er sich in ähnlicher Weise bearbeiten und findet daher auch zu Schmuck- und Drechslerarbeiten Anwendung.

Diesem an Werth und Eigenschaften sehr nahe stehend, ist der Copal von Benguela, etwas geringer der Copal von Angola und jener von Accra, der den Uebergang zu den weicheren bildet.

2. Westafrikanische Copalsorten. Zu diesen gehört in erster Linie der Kugelcopal, gewöhnlicher westindischer genannt, obgleich er zum grössten Theil von Afrika's Westküste und nur in verhältnissmässig geringer Menge von Westindien, Brasilien und Mittelamerika exportirt wird. Er ist sehr weich, bedarf nicht so grosser Hitze beim

1) Polytechnisches Notizblatt 1864. Nro. 1.

Schmelzen und liefert sehr helle Lacke. Australien erzeugt den Kowrie-Copal, der in grösster Menge im Handel anzutreffen ist. Härter als der vorige gibt er einen sehr brauchbaren Lack.

3. Copal von Manilla in zwei Sorten. Der harte ist sehr ähnlich dem Kowrie-Copal, aber etwas härter und schwerer schmelzbar, als dieser. Der weichste und berüchtigste ist der weiche Manilla-Copal. Diess ist die einzige Sorte, die ohne vorher durch Schmelzen in ihrer chemischen Constitution verändert zu sein, sich in Alkohol lösen lässt. Er gibt übrigens einen glänzenderen und härteren Lack, als Sandarak und ist ausserdem vollkommen farblos.

Anknüpfend hieran bespricht Henkel[1]) ebenfalls die Copalsorten und einige verwandte Harze Ostindiens.

1. Afrikanischer Copal. Hierher gehört der an der Ostküste von Afrika und Madagaskar gesammelte von Hymenaea verucosa und Trachylobium Petersionum Klotsch abgeleitete und fälschlich als ostindischer Copal bezeichnete. Ferner die von der Westküste Afrika's exportirten Sorten, Angola-, Zanzibar-, Sierra-Leone-, Sudan-, Cowara-, Congo-Copal. Daniell behauptet auf Grund eigener Anschauung an Ort und Stelle, dass der sogenannte Benguela-Copal sich der Qualität nach den geringeren Sorten des Sierra Leone-Copal nähere.

2. Amerikanischer Copal. Er umfasst die weicheren und geringeren Copalsorten, wie den mexikanischen, brasilianischen und südamerikanischen Copal.

3. Australischer Copal; er enthält nur eine Sorte, Rowree- oder Cauri-Copal.

4. Ostindischer Copal, unter dem Namen Manilla-Copal, eine Reihe der verschiedensten Harzsorten unbestimmten Ur-

1) Neues Jahrbuch für Pharmacie Bd. 21. S. 193.

sprungs enthaltend. Zu den copalartigen Harzen werden auch die Dammarharze gezählt.

Welwitsch[1]) führt an, dass der Copal zum grössten Theile in der Provinz Benguela, südlich vom Cuanzaflusse in sandigem Boden oft bis auf 8′ bis 10′ Tiefe gegraben werde. Er hält den westafrikanischen Copal für die Ausschwitzung eines fossilen Baumes und ist daher geneigt, alle westafrikanischen Copale als fossile Harze zu bezeichnen. In der That zeigen auch manche Copalsorten bezüglich ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften, sowie ihrer Destillationsprodukte auffallende Aehnlichkeit mit dem fossilen Bernsteinharz. Wegen der grossen Verschiedenheiten aber haben die Copale bei ihrer Verwendung vielfache Klage bezüglich ihrer „Widerspänstigkeit" veranlasst. So verschieden nämlich die Copale in Hinsicht auf Abstammung und Alter bei ihrem wenigstens theilweise fossilen Charakter sind, so verschieden verhalten sie sich auch in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften; deshalb lassen die an der einen Copalsorte festgestellten Beobachtungen keine Verallgemeinerung zu, um so weniger, als die Copale nicht immer rein, sondern auch gemengt und selbst verfälscht im Handel vorkommen.

Die Eigenschaften des Copals, wie solche Berzelius schildert[2]), haben hiernach keineswegs auf alle Copalsorten Geltung, sondern beziehen sich im Einzelnen nur auf gewisse Copalsorten; aus der Angabe des specifischen Gewichtes, welches nach Berzelius von 1,045 bis 1,139 wechselt, gibt sich schon von vornherein zu erkennen, dass hier von mannichfachen Copalsorten die Rede ist. Die angeführte Erfahrung, dass campherhaltige Alkoholdämpfe sich ganz besonders eignen, Copal in Lösung zu bringen, ist schon

1) Ueber den Ursprung und die geographische Vertheilung des Copal's in Angola. Neues Jahrbuch der Pharmacie B. 26. S. 174.

2) Lehrbuch der Chemie, B. VII. S. 53.

von Bindheim[1]) benützt worden, um auf die beste Art Copal in Weingeist zur Gewinnung von Copalfirniss zu lösen. Allein auch diess glückte nur mit einigen Copalsorten; mit allen Arten, sagt Berzelius, „geht es nicht." Aehnliche Beobachtungen liegen auch von Anderen vor.

Böttger[2]) gibt eine Vorschrift zur Bereitung eines sehr leicht und schnell anzufertigenden geistigen Copalfirnisses. Hiezu wird, um den Copal aufzuquellen, campherhaltiger Aether verbraucht, jedoch mit dem Bemerken, dass bekanntlich der zuvor nicht geschmolzene oder längere Zeit der Luft ausgesetzte Copal nur zum Theil in reinem oder campherhaltigem Aether oder in anderen äther- und alkoholhaltigen Flüssigkeiten löslich sei.

Auch die blosse Einwirkung von Alkoholdampf auf Copal hat sich nicht unter allen Umständen bewährt. Von Maas[3]) gibt an, von dem holländischen Glasarbeiter Demmenie ein Verfahren kennen gelernt zu haben, Copal unmittelbar in Weingeist und Terpentinöl aufzulösen und zwar durch Einwirkung von Alkoholdämpfen auf Copalstücke. Vogelsang[4]) glaubt durch seine Versuche zu dem nämlichen Resultat gelangt zu sein; aber Trommsdorf selbst bemerkt in einer Notiz zu dieser Abhandlung, dass ihm die angegebene Methode ebensowenig wie Anderen gelungen. Offenbar hängt diess mit dem Umstande zusammen, dass mit verschiedenen Copalsorten gearbeitet wurde. Eine wichtige und interessante Beobachtung rührt von Kastner[5]) her. Wird nämlich zu einer mit Aether aufgequollenen syrupdicken Copalmasse erwärmter Alkohol in kleinen Portionen allmälig zugegeben, so löst sich der Copal vollständig auf und

1) Rhapsodien der philosophischen Pharmakologie 1785 B. VIII. S. 61.
2) Neues Jahrbuch für Pharmacie. B. XXVIII. S. 225.
3) Trommsdorf Journal der Pharmacie. B. XI. S. 294.
4) Trommsdorf Journal der Pharmacie. II. 17. S. 103.
5) Trommsdorf Journal der Pharmacie. XIII. 1. S. 49.

kann durch Alkoholzusatz beliebig verdünnt werden. Setzt man aber kalten Alkohol auf einmal zu, so gerinnt der gelöste Copal, ohne sich, mit Ausnahme von erwärmten campherhaltigen Aether, wieder zu lösen.

Dieselbe Erfahrung erwähnt Unverdorben (a. a. O.). Seine überaus zahlreichen Versuche beziehen sich vorzugsweise auf das Verhalten des Copal's zu Ammoniak und den Alkalien. Er fand, dass man besonders bei gelinder Wärme behutsam geschmolzenen Copal in allmälig zugesetztem und vorher erwärmtem Terpentinöl leicht lösen kann, dass aber auch hier, wenn das Lösungsmittel auf einmal zur Anwendung kömmt, der Copal coagulirt und sich nicht mehr löst. Die Coagulation ist überhaupt ein Hinderniss der Lösung. Dieses Hinderniss der Lösung wurde auch von Hennebutte[1]) beobachtet. Bei Angabe eines Verfahrens der Reinigung des Copal's zur Firnissbereitung bezeichnet er als die Bestandtheile des Copal's zwei Harze, ein auflösliches und ein unauflösliches. Durch Destillation oder Erhitzen im Wasserbade mittelst überhitzten Wasserdampfes wird nach seiner Meinung der unauflösliche Theil verflüchtigt. Er fügt bei, dass nach den bisherigen Erfahrungen hauptsächlich der ostindische Copal bei der Behandlung mit Weingeist, Aether und Terpentinöl eine unauflösliche gallertartige Masse liefere, während der westindische Copal sich ganz oder grösstentheils in diesen Lösungsmitteln auflöst. Während Hennebutte (a. a. O.) von zwei Harzen spricht, betrachtet Unverdorben den afrikanischen Copal nach seinen Versuchen aus fünf Harzen bestehend und erwähnt, dass nach seiner Erfahrung die in Alkohol, Aether und Oelen unlöslichen Harze bei längerem Aufbewahren in einer nicht vollgefüllten Flasche unter wasserfreien oder mit etwas Aether vermischtem Alkohol Sauerstoff absorbiren und in die lös-

1) Dingler's polytechnisches Journal B. 138. S. 155.

lichen Modificationen übergehen. Ich werde später meine eigenen Versuche über die Annahme einer Sauerstoffabsorption und dadurch bedingten grösseren Löslichkeit anzuführen Gelegenheit nehmen. Unverdorben gelangt hiernach zu dem natürlichen Schluss, dass der frische erst ausgeflossene Copal nicht schon von vornherein alle die verschiedenen Harze fertig gebildet enthalte, sondern dass dieselben vielmehr durch den Einfluss der Luft erzeugt worden sind. Als Beweis für den Oxydationsvorgang des Copal's wird auch die auffallende Wirkung der Campheröle wie Cajeputöl, einige Brandöle u. a. als vorzügliche Lösungsmittel für Copal erwähnt. Die Campheröle besitzen, wie man weiss, nach Schönbein's Untersuchungen das Vermögen, den gewöhnlichen Sauerstoff zu ozonisiren und sich mit Ozon zu vereinigen, wodurch sie zu kräftigen oxydirenden Agentien werden [1]).

Im Allgemeinen ist die Ansicht vorherrschend, dass die Löslichkeit des Copal's durch ein Mehr von Sauerstoff bedingt werde. Schlossberger erwähnt drei verschiedene Harze aus dem Copal und bezeichnet ihre prozentige Zusammensetzung wie folgt:

1) $C_{40} H_{31} O_5$
2) $C_{40} H_{31} O_3$
3) $C_{40} H_{31} O_2$.

Was nun die Löslichkeitsverhältnisse dieser drei Harze betrifft, so ist Nro. 1 in absolutem Alkohol vollommen löslich, Nro. 2 in Alkohol und Aether unlöslich, Nro. 3 unlöslich in allen gewöhnlichen Lösungsmitteln für organische Körper. Hiernach stünde offenbar die Löslichkeit des Copal's in einem gewissen Zusammenhange mit seinem Sauerstoffgehalte, d. h. je mehr ein Copalharz Sauerstoff enthält, um so bedeutender ist seine Löslichkeit in Alkohol und umgekehrt.

---

1) Beiträge zur näheren Kenntniss des Sauerstoffs. Neues Jahrb. der Pharm. B. 12. S. 139.

Schon vor Jahren habe ich eine Versuchsreihe über Copal veröffentlicht[1]), zunächst mit mehr technischer Tendenz, welche auch die elementare Zusammensetzung des Copal's in Betracht gezogen. Diese Versuche sind seitdem allerdings mit Unterbrechungen vielfach erweitert und ausgedehnt fortgesetzt worden. Die Theilnahme und Unterstützung, welche mein Freund Professor Dr. L. Raab der Arbeit zugewendet, verpflichtet mich zu besonderem Danke.

Die Behandlung einer käuflichen Copalsorte mit absolutem Alkohol, bis dass der Alkohol nichts mehr daraus aufnahm, ergab dessen Zusammensetzung aus

62 Proc. unlöslichen Harzes und
38 Proc. löslichen Harzes.

Die Behandlung einer zweiten Sorte aus einer anderen Quelle bezogenen Copal's

zu 60 Proc. unlöslichen und
40 Proc. löslichen Harzes.

Mehrere durch Verbrennen mit Kupferoxyd ausgeführte Elementaranalysen dieser beiden, durch ihre verschiedene Löslichkeit in Alkohol scharf abgegränzten Bestandtheile des Copal's geben folgendes Resultat:

I. Unlösliches Harz.		II. Lösliches Harz.	
C	78,55	C	77,22
H	10,12	H	10,80
O	11,33	O	11,38.

Die Vergleichung der beiden Zusammensetzungen zeigt, dass zwar in dem löslichen Harze eine etwas grössere Sauerstoffmenge vorhanden war, aber doch keineswegs von solcher Bedeutung, dass der mächtige Unterschied dieser beiden Harze im Verhalten zum Alkohol hieraus erklärt werden könnte. Nach meinem Dafürhalten kann hiernach von einem Einflusse der Sauerstoffaufnahme auf die Löslichkeitsverhält-

1) Chemisch-technische Beiträge, 1860, S. 8.

nisse kaum die Rede sein. Ich erwähne hier noch die Analysenresultate zweier aus verschiedenen Quellen bezogenen Copalsorten.

	A.		B.
C	78,43	. . . .	76,12
H	10,16	. . . .	11,11
O	11,41	. . . .	12,77

Es dürfte daher wohl anzunehmen sein, dass die Harze, welche man überhaupt aus dem Copal einzeln dargestellt, je nach der Copalsorte, die man dazu verwendet, sehr mannichfach in ihrer Zusammensetzung differiren dürften.

Nach zahlreichen Versuchen beträgt der Gewichtsverlust durch Erwärmen und Schmelzen des Copal's 3 bis 9 Proc. je nach der Intensität und Dauer der erhöhten Temperaturanwendung. Bei Eintritt des höheren Procentverlustes war stets schon eine starke Bräunung der geschmolzenen Masse wahrnehmbar. Es ist somit wahrscheinlich, dass die flüssigen Destillationsprodukte, welche ich einer spätern Untersuchung vorbehalten muss, sauerstoffhaltig sind und dass daher die verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse in einer durch Temperaturerhöhung bedingten Anordnung der Moleküle begründet sind.

Der Aschengehalt der von mir untersuchten Copalsorten ist im Allgemeinen ein geringer, übersteigt nach meinen bisherigen Erfahrungen nie 0,5 Proc., beträgt in den meisten Fällen nur 0,3 Proc., so dass der Copal überhaupt als ein besonders aschenfreier Körper zu betrachten ist und demnach auf Aschenunterschiede kaum ein Unterscheidungsmerkmal gegründet werden könnte.

Dass die Beimengung mechanisch wirkender Substanzen vortheilhaft auf die Löslichkeit des Copal's einwirken könne, war seit längerer Zeit schon nicht unbekannt, indem man mit Nutzen Glaspulver zusetzte und mitunter bei Firniss-

bereitungen davon Anwendung machte. Tremlich[1]) mischt zu gleichem Zwecke dem mit kochendem Wasser präparirten und wieder getrockneten Copal gleiche Theile gepulverten Asbest bei. Durch solchen Zusatz soll das Zusammenkleben der gallertartig aufquellenden Harzmasse verhindert und so eine unausgesetzte innige Berührung des Lösungsmittels mit den Harzen bis zur Lösung bewirkt werden.

In Betreff des Zusatzes mechanisch wirkender Substanzen, um die Löslichkeit des Copal's zu vermehren, schien mir die Angabe Horst's[2]) von Interesse. Derselbe sagt wörtlich: „Eine besondere Aufmerksamkeit verdient die Wirkung des rohen schwarzen Schwefelspiessglanzes auf den trockenen Copal; denn man kann vermittelst desselben und recht wasserfreien Weingeists fast gleiche Theile in Auflösung bringen, ohne dass das Spiessglanz etwas an Gewicht verliere, noch in seiner Mischung verändert werde, also bloss mechanisch einwirkt. Schon gewöhnlicher entwässerter Alkohol nimmt auf diese Art bedeutend viel Copal in sich."

Diese Bemerkung gab Veranlassung zu zahlreichen Versuchen, deren Hauptresultate im Folgenden zusammengefasst sind. Zunächst musste es auffallend erscheinen, dass von einem so wichtigen Kunstgriff in der Technik keine Nutzanwendung gemacht wurde. In der That findet sich nach bisherigen Forschungen in der Literatur nirgends die Spur einer Andeutung des mitgetheilten Verhaltens. Unwillkührlich führt solches Stillschweigen zu der Annahme, dass sich jene Mittheilung in der Folge nicht bestätigt hat, diess um so mehr, als Horst ja selbst mehrere Versuche anstellte, um Copal sicher in Lösung zu bringen, da doch die erwähnte Eigenschaft des Schwefelantimons aller dieser Bemühungen überhoben haben musste. Vorläufige Versuche in dieser Richtung angestellt gaben verschiedene Resultate,

1) Buchner's Repertorium. B. 24. S. 428.
2) Trommsdorf Journal der Pharmacie B. 22. I.-S. 72.

ein Beweis, dass die Vorschrift wohl nicht genau angegeben und das Gelingen vielleicht noch von anderen Umständen abhängig war.

Die zu den Versuchen verwendeten Copale stammten aus der pharmakologischen Sammlung einer Grosshandlung und waren folgende: Copal Benzuela, Copal elect. ostindic., von Hymenaea verucosa. Eine andere Sorte, Copal naturale, bezeichnet, stimmte in ihren Merkmalen genau mit dem von Worlée geschilderten Copal von Zanguebar überein, so dass die drei genannten Sorten den afrikanischen, somit den härtesten Copalsorten beizuzählen sind. Ausser diesen Sorten wurde noch Manilla-Copal zu den Versuchen verwendet. Der im Handel vorkommende sogenannte ordinäre Copal ist eine ganz unbestimmte, dem Ansehen nach sehr gemengte Sorte, wesshalb sie unberücksichtigt geblieben.

Als Lösungsmittel kam der absolute Alkohol des Handels zur Verwendung; derselbe hatte ein Volumgewicht von 0,810 = 96 Proc. Vorläufige Versuche lehrten, dass wenn gepulverter Copal für sich oder nach Beimischung vorher gepulverten Flussspathes oder Schwefelantimon's mit kaltem Alkohol übergossen und dann bis zum Sieden erhitzt wurde, letzterer nur wenige Procente von seinem Gewichte aufnahm. Der Procentgehalt der Lösung steigerte sich etwas, wenn sogleich siedender Alkohol verwendet wurde; dieser enthielt dann bisweilen 5 Proc. von seinem Gewichte gelösten Copales. Vergleichungsweise wurde an Stelle von Glaspulver Flussspath wegen der leichteren Handhabung genommen und das Verfahren dahin abgeändert, dass man die oben erwähnten bemerkenswerthen Erfahrungen Kastner's und Unverdorben's benützte. Gepulverter Copal wurde mit Stückchen Flussspathes oder Schwefelantimon's zu zartem Pulver im Verhältnis von 1 : 7 ungefähr zusammengerieben, das Gemeng mit gleichen Mengen kochenden Alkohols angerührt und unter Erwärmen über dem Wasserbade all-

Copalsorte und Gewicht	Beimengung und deren Gewicht	Gesammtmenge des Alkohols	Untersuchte Lösung	Darin gelöstes Harz	Totalgewicht des gelösten Harzes	Procente vom Gewichte des Copals	Procente vom Gewichte des Alkohols
Copal naturale (Zanzibar) 2,170 gr	Flussspath 13,640 gr	gr 13,700	gr 6,550	gr 0,590	gr 1,350	62,2	10
Copal naturale (Zanzibar) 2,420 gr	Schwefelantimon 14,240 gr	gr 10,850	gr 5,260	gr 0,650	gr 1,530	63,2	14
Copal von Hymenae veruc. Ostindien 2,890 gr	Flussspath 15,440 gr	gr 13,680	gr 5,680	gr 0,380	gr 0,98	34	7,2
Copal ostind. 1,540 gr	—	gr 6,820	gr 4,000	gr 0,320	gr 0,590	38	8,7
Copal ostind. 1,50 gr **Auf einmal mit der ganzen Quantität Alkohols behandelt**	—	gr 16,980	gr 14,630	gr 0,470	gr 0,560	37	3,3

Copal ostind. 2,115 gr	Schwefel-antimon 16.225 gr	gr 10,360	gr 4,500	gr 0,400	gr 1,010	47,7	10
Copal Benzuela 2,5 gr	Flussspath 16,770 gr	gr 18,650	gr 10,210	gr 0,650	gr 1,200	48	7
Copal Benzuela 3,270 gr	—	gr 8,400	gr 5,430	gr 0,650	gr 1,000	31	13
Copal Benzuela 3,650 gr	Schwefel-antimon 23,860 gr	gr 14,400	gr 4,780	gr 0,550	gr 1,650	45,2	13
Copal Manilla 2,870 gr	Flussspath 17,140 gr	gr 12,750	gr 4,960	gr 1,010	gr 2,8	100	25,7
Succin. alb. 3 gr	Flussspath 19,410 gr	gr 15,450	gr 3,250	gr 0,150	gr 0,713	24	5
Succin. alb. 1,950 gr	—	gr 12,460	gr 7,020	gr 0,070	gr 0,130	6,6	1
Bernstein 2,5 gr	Schwefel-antimon 16,7 gr	gr 13,0	gr 5,47	gr 0,150	gr 0,350	14	3

mälig mehr siedender Alkohol zugegeben. Bei Befolgung dieses Verfahrens bemerkt man, dass der Copal sofort aufquillt und mit dem Alkohol eine innige, zähe, klebrige Masse bildet, die sich, bei darauffolgender Verdünnung mit Alkohol in zwei Schichten trennt. Copalpulver für sich ebenso behandelt zeigt diese Erscheinung nicht. Hieraus ergibt sich offenbar eine Einwirkung des Zusatzes auf die Löslichkeitsverhältnisse des Copal's.

Auf vorhergehenden Seiten p. 156 u. 157 finden sich die bisher gewonnenen Zahlenresultate tabellarisch zusammengestellt.

Wird statt des Flussspathes das Stibium crudum hungaricum des Handels als Beimengung verwendet und in Stücken mit Copalpulver zusammengerieben, so wird bei sonst gleicher Behandlung das Aufquellen noch mehr befördert. Aber auch nur auf die angegebene Weise war wirklicher Nutzen bemerkbar. Der hiedurch erzielte Vortheil gibt sich als rein mechanische Einwirkung zu erkennen. Durch das Zusammenreiben der viel härteren Substanzen mit dem schon gepulverten Copal wird während der mechanischen Zertheilung derselben eine viel weiter gehende Verkleinerung des dazwischen liegenden Copalpulvers bewirkt, wie solche beim Pulvern des Copals für sich allein nicht hervorgebracht werden kann. Man erhält in dieser Weise Copal auf mechanischem Wege in seiner höchst möglichen Vertheilung; daher auch das sofortige Aufquellen des Copal's beim Uebergiessen mit Alkohol, wie solches sonst nur Aether, Campher u. dgl. bewirken können. Zugleich aber halten die beigemengten Substanzen die Copaltheilchen getrennt, weshalb eine intensivere Einwirkung des Lösungsmittels stattfindet. Es ist nicht zu bezweifeln, dass, wenn man nur so viel heissen Alkohol zusetzt, als zur Entstehung der gleichmässigen klebrigen Masse nöthig ist und diese längere Zeit digeriren lässt, auf späteren Zusatz von

einer grösseren Menge heissen Alkohols sich leicht eine vollständige Lösung bewirken lasse. Die bei den beschriebenen Versuchen zur Lösung verwendete Zeit war eine sehr kurze; es sollte ja nur gezeigt werden, ob die angeführte Behandlungsweise einen Einfluss ausübe und zwar bei allen Copalsorten, also auch bei den sogenannten „widerspänstigen.“

Die erhaltenen Lösungen waren völlig klar und ungetrübt, von schwachgelber Färbung. Auf Glasflächen trocknete die Lösung unter Zurücklassen einer festen, völlig durchsichtigen, fast ungefärbten Firnissschichte, die von kaltem Alkohol und Aether fast gar nicht, leichter von heissem Alkohol gelöst werden konnte. Ueber der Flamme erhitzt verbreiteten sich angenehm riechende Dämpfe. Einige Versuche mit frischem Terpentinöl zeigten ähnliches Verhalten des Copals wie mit Alkohol.

Die Bedeutung des möglichst feinen Vertheilens des Copal's auf dessen Anwendbarkeit als Firniss ergibt sich noch aus einem von mir schon früher angestellten Versuche. Ich habe nämlich den in absolutem Alkohol völlig unlöslichen Rückstand einer Copalsorte, fein gepulvert und geschlämmt mit Aether, worin er sich ebenfalls nicht löst, auf Metalloberflächen aufgetragen. Man erhält dadurch eine gefirnisste Fläche, welche durch Waschen mit absolutem Alkohol durchaus nicht angegriffen wird. Leider aber ist diese Unlöslichkeit nicht stabiler Natur, indem nach einigen Monaten das Harz in diesen dünnen Schichten durch die Berührung mit der atmosphärischen Luft in die lösliche Modification übergeführt wird.

Für die technische Verwendung der Copale im Allgemeinen sind die gewonnenen Resultate nicht ohne Interesse. Bei grossentheils gleichzeitiger Mitverwendung anderer Harze wird unter den angegebenen Verhältnissen die raschere Löslichkeit vervollständigt und weil die Copale bei dieser Be-

handlungsweise vorher keiner solchen Veränderung unterliegen, wie sie durch Rösten oder Schmelzen stets eintritt, oder weil keine Substanzen zur Verwendung kommen müssen, die beim nachfolgenden Gebrauche sich nachtheilig erweisen, so werden die erhaltenen Produkte um so werthvoller.

Endlich ist hier der Ort, noch einige vorläufige Versuche zu erwähnen, welche bezweckten, bisher nicht angewendete Substanzen als Lösungsmittel für Copal in Betracht zu ziehen. Als besonders günstiges Lösungsmittel hat sich zunächst der Amylalkohol ergeben. Copalpulver in der Wärme mit Amyloxydhydrat behandelt zeigt alsbald Aufquellen und bei weiterer Erhitzung bis zum Kochen tritt vollständige Lösung ein. Da der Kochpunkt des Amylalkohols bei 132° C. liegt, so ergibt sich schon durch die Möglichkeit der Anwendung einer höheren Temperatur der wesentlich geförderte Einfluss auf das Löslichkeitsverhältniss. Die klare Lösung des Copal's in Amylalkohol auf Glasflächen oder polirte Metallgegenstände ausgebreitet zeigt eine fast farblose Schichte eines durchsichtigen Firnisses. Die Amylalkohollösung des Copal's wird durch Zusatz von absoluten Alkohol theilweise praecipitirt. Der Niederschlag wird durch weiteren Zusatz von Amylalkohol wieder gelöst. Eine Copalsorte, die mit absolutem Alkohol gekocht nur geringfügig in Lösung übergeht, kann durch Zusatz von Amylalkohol zum absoluten Alkohol in viel grösserer Menge gelöst werden, jedenfalls trägt dieser Zusatz zur Lösbarkeit in absolutem Alkohol sehr wesentlich bei und man erhält auf solche Weise eine wasserhelle durch Amylalkohol vermittelte weingeistige Copallösung. Vermengt man Copalpulver mit Chloralhydrat und kocht nun mit absolutem Alkohol, so erscheint auch hiedurch die Löslichkeit des Copals bedeutend vermehrt. In Chloroform scheint die Löslichkeit ähnlich wie in absolutem Alkohol zu sein.

Herr W. von Beetz legte vor:

„Noch eine Bemerkung zur Frage nach der Natur der galvanischen Polarisation."

Eben so ungern wie Herr Fr. Exner verstehe auch ich mich zu einer nochmaligen, aber letzten Erwiederung in der oben bezeichneten Frage. Der Umstand, dass Herr Exner nur meine Einwände einer Beantwortung werth erachtet hat, während er die von anderen Seiten her gegen seine Arbeiten schon gerichteten oder noch zu richtenden Angriffe unbeantwortet lassen zu wollen erklärt, legt es mir nahe, auch seine Kritik[1]) nicht mit Stillschweigen zu übergehen. Ich bemerke zu derselben mit Uebergehung unwesentlicherer Dinge Folgendes:

1) Die Brauchbarkeit der Methode, die Gesammtpolarisation als die algebraische Summe der Polarisationen der beiden einzelnen Electroden zu bestimmen, ist von mir dadurch bewiesen, dass ich durch dieselbe die gleichen Werthe erhielt, wie sie von Herrn Exner und Anderen durch directe Messung der Gesammtpolarisation erhalten wurden[2]). Die Art nun, wie ich diese Einzelpolarisationen messe, erklärt Herr Exner für unrichtig. Wenn zwei Platten A und B in einem Electrolyten als Electroden einer Säule dienen, und ich verbinde während der Fortdauer des Stromes die Platte A mit dem Erdboden, während ich B einer neu-

1) Wiener Sitzungsber.: 11. Novbr. 1880.

2) Münchener Sitzungsber.: 1. Mai 1880.

tralen Platte Z, die mit dem Electrometer verbunden ist, gegenüberstelle, so soll selbstverständlich immer dieselbe Spannungsdifferenz erhalten werden, ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit der Platte B, weil nun der einen Electrode A als andere Electrode immer die neutrale Platte gegenüberstehe. Diese Behauptung ist mir unbegreiflich. Die Electroden des Stromes sind nun einmal A und B und bleiben es auch. A und B sind polarisirt (in dem bisher ganz allgemein üblichen Sinne des Wortes) und meine Versuche zeigen, dass B durch denselben Strom und dieselbe electromotorische Kraft immer gleich stark polarisirt ist, die Polarisation von A, welche ja nach Ableitung von B auch gemessen worden ist, mag sein, welche sie will. Wenn Herr Exner die Polarisation zwischen den beiden Electroden A und Z sucht, so spricht er von etwas ganz Anderem als ich, aber auch von etwas ganz Anderem als dem, was er selbst sonst unter Polarisation versteht, nämlich die Wiedervereinigung der an beiden Electroden ausgeschiedenen Jonen. Die Platte Z nimmt an einer solchen Ausscheidung gar keinen Antheil, weil sie sich zu keiner Zeit innerhalb der Stromleitung befindet.

2) Herr Exner sagt, es hätte mir auffallen müssen, dass ich nach meiner Methode für die Spannungsdifferenz zwischen reinem und mit Sauerstoff polarisirtem Platin (also $Pt \mid Pt_0$) den Werth 1,01 D erhielt, während ich doch selbst angegeben habe, dass reines Platin gegen sauerstoffbedecktes in angesäuertem Wasser indifferent sei. Nie und nirgend habe ich oder hat irgend ein anderer Physiker das von einer durch den Strom in Sauerstoff polarisirten Platinplatte ausgesagt, vielmehr habe ich mich an der von Herrn Exner citirten Stelle und noch an mancher anderen ausführlich über den Unterschied zwischen einer mit Sauerstoff polarisirten und einer mit passivem Sauerstoff bedeckten Platte ausgesprochen.

3) Die Thatsache, dass ein Zn|Ag-Element nach meinen Versuchen eine andere elekromotorische Kraft zeigt, als ein Zn|Pt-Element, erklärt Herr Exner aus dem Umstande, dass das Silber in dem nicht sauerstofffreien Wasser sich selbst oxydire und so einen Gegenstrom erzeuge. Ich weiss nicht, ob man diese Oxydation wirklich annehmen will. Aber zugegeben, es sei so, so passt der Einwurf nicht, denn ich habe meine Leitungsflüssigkeit auf ganz dieselbe Weise von Sauerstoff befreit, wie Herr Exner die seine. „Da Auskochen, Auspumpen u. dgl. immer nur sehr mangelhaft nützt", sagt er [1]), „so bleibt nichts übrig, als den Sauerstoffvorrath durch die Wasserstoffentwickelung des Elementes selbst sich erschöpfen zu lassen, was, wenn der Widerstand desselben nicht sehr gross ist, stets in kurzer Zeit, meist 1 bis 2 Minuten, erreicht ist." Bei meinen Versuchen dauerte der Stromschluss, wie ich angegeben habe, stets 3 Minuten. Wenn unter diesen Umständen doch die Kraft Zn|Ag eine andere war, als Zn|Pt, so ist eben die Beschaffenheit der negativen Platte an dem Unterschiede schuld, und das wollte ich ja gerade zeigen im Gegensatz zur Behauptung des Herrn Exner, dass in der sauerstofferschöpften Flüssigkeit ein solcher Unterschied nicht stattfinde. So gut, wie Herr Exner die Potentialdifferenz Na|Zn als identisch ansieht mit der algebraischen Summe der Differenzen Na|Pt und Pt|Zn, muss man auch die Potentialdifferenz Zn|Ag als identisch betrachten mit der algebraischen Summe der Differenzen Zn|Pt und Pt|Ag und wenn dann das Silber durch seine eigene Oxydation in den Process der Stromerzeugung mit eingreift, so muss man auch den chemischen Vorgang und damit die Wärmetönung im Zn|Ag-Elemente anders darstellen, als im Zn|Pt-Elemente und damit würde ja auch nach der Anschauung des Herrn Exner der negativen

1) Wiener Sitzungsber. 11. Oct. 1879. p. 9.

Platte eines Elementes der ihr gebührende Antheil zugewiesen sein.

Ich hege nicht die Hoffnung, dass durch meine Erwiederung die Meinungsverschiedenheiten, welche zwischen Herrn Exner und mir bestehen, ausgeglichen werden; das kann ja wohl für die Wissenschaft auch ganz gleichgiltig sein. Nicht gleichgiltig aber ist es mir, ob Dritte glauben, ich gebe selbst die Unrichtigkeit meiner Beweisführung zu. Uebrigens muss ich auch jetzt wieder erklären, dass es mir nicht einfällt, einseitig für die Contacttheorie einzutreten. Die vom Standpunkte dieser Theorie aus gewonnenen Resultate müssen ja schliesslich mit den Anschauungen der Electrochemiker in Einklang gebracht werden.

Herr v. **Jolly** theilt mit und bespricht die Abhandlung:

„Ueber den Luftwiderstand bei kleinen Geschwindigkeiten" von Dr. W. Braun und Dr. A. Kurz in Augsburg.

Bewegt sich eine ebene dünne Scheibe innerhalb der durch sie bestimmten Ebene oder senkrecht zu derselben, so hat sie beziehungsweise die Luftreibung oder den Luftwiderstand zu überwinden. Von letzterem soll im Folgenden hauptsächlich die Rede sein.

§ 1. Nach einem bekannten Satze wird dieser Luftwiderstand häufig der Menge der von der Scheibe verdrängten Luft und der Wegstrecke der Scheibe, beide pro Sekunde genommen, proportional gesetzt, also dass

$$W = a \cdot F \cdot v^2$$

ist, worin a eine durch Versuche zu bestimmende Constante, F der Flächeninhalt der Scheibe und v ihre Geschwindigkeit ist.

Recknagel entwickelte jüngst, Wiedemann's Annalen Band 10 S. 677 u. f., zwei andere Ausdrücke für das Widerstandsgesetz, die aber beide als Annäherung auch auf vorige Form führten, welche alsdann von ihm mit Geschwindigkeiten bis zu 10 Metern bestätigt wurde. Der Coeffizient a ist bei dieser Annäherung in bemerkenswerter Weise gleich der Masse der halben Cubikeinheit Luft ge-

funden worden; also in Grammen, Centimetern und Sekunden ausgedrückt

$$a = \frac{0,001293}{2.981} = 0,000\,000\,65$$

Hienach ist also der Luftwiderstand gleich gesetzt dem Gewichte der Luftsäule vom Querschnitte F und der Höhe h, welche der Geschwindigkeit v als sogenannte Geschwindigkeitshöhe entspricht $\left(h = \frac{v^2}{2g}\right)$. Dies wurde schon von Newton ausgesprochen, wie u. A. auch bei Gronau „Historische Entwicklung der Lehre vom Luftwiderstande, Sitzungsber. der Danziger naturforsch. Gesellsch. 1868" zu finden ist. Nur hat Newton noch einen konstanten Faktor δ dabei, welchen er zu $\frac{1}{2}$ bestimmt hat für Kugeln, die sich in der Luft bewegen, z. B. herabfallen. Näheres über weitere Bestimmungen einer solchen von der Form des bewegten Körpers abhängigen Constanten auch in A. Ritter's „technischer Mechanik", im letzten § dieses Buches.

§ 2. Kurz vorher wurden wir durch gütige Mitteilung des Herrn Professors O. E. Meyer in Breslau auf Hagen's Versuche, Poggendorff's Annalen Bd. 152 S. 95 u. f. 1874, aufmerksam gemacht. Derselbe liess Scheiben von F = 4 bis 40 „Quadratzollen" mit v = 17 bis 66 „Zolle" sich bewegen, supponiert auch die Gesetzesform des § 1, aber mit der Modifikation

$$a = \beta + \gamma . u,$$

worin u den Umfang der Scheibe bedeutet. Hagen macht dabei eine Analogie der Randreibung tropfbarer Flüssigkeiten namhaft. In den Einheiten des vorigen § ergaben seine Versuche

$a = 0,000\,000\,71$, wenn $\gamma = 0$ wäre, und
$a = 0,000\,000\,75$ für $F = 1$, $v = 1$, $u = 4$, bei 1 Quadratcentim.

§ 3. Wie man für die grossen Geschossgeschwindigkeiten das rein kubische und auch das gemischte Gesetz

$$W = F . (av^2 + bv^3)$$ [1])

versucht hat, so hat Saint-Loup für die Geschwindigkeiten von 1500 bis 3600 Centim. bei seinen Versuchen, Compt. Rend. Bd. 88 S. 1257 (1879), das Gesetz

$$W = F . (av + bv^2)$$

zu Grunde gelegt und für Gramm, Centimeter, Sekunde

$$a = 0{,}000\,5835, \quad b = 0{,}000\,000\,562\,8$$

angegeben.

§ 4. Etwas ausführlicher müssen wir bei dem „Studium des Luftwiderstandes in der Drehwage" von Cornu und Baille, Compt. Rend. T. 86 p. 571—574 1878, verweilen, weil wir hernach von ähnlichen eigenen Versuchen berichten wollen.

Zwei gleiche Cylinder, 190 Gramm schwer, 2,46 Centim. hoch und breit, waren an einem Hebel in den Entfernungen $y = 5, 10, 15, 20, 25$ Centim. von der Drehaxe unifilar aufgehängt. Also war das Trägheitsmoment der beiden Cylinder $\frac{2 . 190}{981} . y^2$, und das Trägheitsmoment des ganzen Apparates, Spiegel und Hebel hinzugerechnet, ward mit

$$\mu = \frac{2 . 190}{981} (y^2 + \beta^2)$$

bezeichnet; über β fehlt aber jede weitere Angabe in dem betreffenden Aufsatze.

Nennt man K das Torsionsmoment und H das Moment der dämpfenden Kraft bei der Geschwindigkeit 1, macht

1) S. Zeitschrift für Mathem. u. Phys. v. Schlömilch Bd. 2 S. 199 und Bd. 11 S. 515.

aber über letztere die für kleine Geschwindigkeiten erlaubte Annahme

$$W = n \, . \, F \, . \, v$$

so ist nach d'Alembert's Prinzip

$$\mu \frac{d^2\omega}{dt^2} + H \frac{d\omega}{dt} + K \, . \, \omega = 0$$

und der Ausschlagwinkel ω zur Zeit t ergiebt sich hieraus als

$\omega = \omega_1 e^{-\alpha t} \sin 2\pi \frac{t - t_0}{T}$ [1], wobei $t_0 = 0$ gesetzt werden soll, e die Basis der natürlichen Logarithmen, α das zugehörige Dekrement pro 1 Sekunde, T die Schwingungsdauer ist.

Die beiden letzteren werden nach bekannten Methoden gemessen und gestatten gemäs den zugehörigen Formeln

$$\alpha = \frac{H}{2\mu}, \quad \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{K}{\mu} - \alpha^2}$$

die Berechnung von H und K.

Hier handelt es sich hauptsächlich um die Bestimmung von H: „Nous avons cherché à déterminer, dans des circonstances variées, la valeur absolue de la résistance spécifique que l'air exerce sur les masses cylindriques à l'extremité d'un levier." Ist N dieser Widerstand für einen Cylinder bei der Geschwindigkeit 1, und setzt man $2Nb^2$ für den Widerstand des Hebels und Spiegels, so ist der Gesammtwiderstand

$$H = 2N \, . \, (b^2 + y^2).$$

Durch welche Messungen die Angabe b = 23,15 erhalten worden, ist nicht beigesetzt.

---

1) Wie die Pendelbewegung (H = 0) bekanntlich als Projektion einer gleichförmigen Bewegung im Kreise dargestellt werden kann, so lässt sich auch obige Differentialgleichung geometrisch integrieren; das Integral ist die Projektion der Bewegung eines Punktes in der logarithmischen Spirale mit konstanter Winkelgeschwindigkeit. Nach Tait 1867 und Maxwell's Treatise on electr. and magn. hat dies Wallentin in der Zeitschr. für Realschulwesen, Wien 1880 S. 472 u. f., dargelegt.

Hierauf folgt das tabellarische Verzeichnis der eingestellten y, der beobachteten T und α und der berechneten K und N, welches mit einigen Abkürzungen lautet:

y	T	α	K	N
5	108,..	0,00062...	0,0356	0,000 011 7
10	167	31	356	123
15	234	20	355	132
20	303	14	358	·123
25	375	11	357	120

Bezüglich K schreibt das Original 0,00356, was sich beim Nachrechnen als ein Versehen herausstellte. Aber auch die angenäherte Constanz von K, welche von den Verfassern gerühmt wird und sich freilich ergeben sollte, zeigt sich beim Nachrechnen nicht zutreffend, indem z. B. für y = 25 das K grösser als 0,06 .. sich herausstellt; schon wenn man das $\beta = o$ setzt[1]). Davon abgesehen nehmen wir noch mit den Verfassern

$$N = 0{,}000\,012\,0$$

vorübergehend als angenäherten Wert an.

Den Herrn Verfassern lag daran zu berechnen, wieviel hienach jener „spezifische Widerstand" eines Cylinders ihrer Drehwage im höchsten Falle betragen könne; deshalb berechnen sie die Maximalgeschwindigkeit eines Cylinders für y = 25 und 40 Bogensekunden in der Zeitsekunde

$$v_{max} = 25 . \frac{40 . \pi}{180 . 60 . 60} = \frac{11}{2268},$$ d. i. etwas kleiner als $\frac{1}{200}$ Centimeter (statt „kleiner als $\frac{1}{100}$ Centim."); also der höchste Widerstand für einen Cylinder

$$0{,}000\,012\,0 . \frac{1}{200} \text{ oder } 0{,}000\,000\,06 \text{ Gramm,}$$

wofür schliesslich unsere Quelle die Angabe „kleiner als 0,000 000 1" enthält.

1) Um so mehr bei grösserem β.

§ 5. Wollte man aus dem vorigen Werte von N auf den Widerstand n der Fläche von 1 Quadratcentimeter bei der Geschwindigkeit 1 in Grammen schliessen (siehe § 4), so bedürfte es noch einer Annahme: wie z. B. dass man für die widerstehende Fläche F beim bewegten Cylinder des § 4 seinen Axenschnitt $2{,}46^2$, also nahezu 6 Quadratcentim. setzen dürfe; dann wäre n = 0,000 002 0.

Oder wenn man in Analogie zu § 1 für diese Fläche setzen müsste $\frac{2}{3}$ F (siehe z. B. den letzten § von Ritters Mechanik), so käme heraus

$$n = 0{,}000\,003\,0$$

Gramme pro Quadratcentimeter Fläche und 1 Centim. Geschwindigkeit.

Dies wie gesagt nur als vorübergehender Anhaltspunkt.

§ 6. Unsere Versuche waren zuerst auch unifilare, da wir uns schon früher mit dem Studium der Dämpfung der Torsionsschwingungen beschäftigt hatten und von diesem Felde gelegentlich auch auf gegenwärtiges gelangten. Siehe Carl's Repertorium Bd. 15 S. 561 u. f. (1879), wovon bald eine Fortsetzung ibidem Bd. 17 S. 197 u. f. erscheinen wird; vergl. insbes. § 13 daselbst.

Bei unserem Apparate wiegt die eiserne, mit Schroten gefüllte Hohlkugel 3283 Gramme und hat als Durchmesser 10 Centimeter; also ist mit der Bezeichnung des § 4

$$\mu = \frac{2}{5} \cdot \frac{3283}{981} \cdot 5^2 = 33{,}5.$$

Dieses Trägheitsmoment wurde durch Anbringung von zwei kreisförmigen Cartons ($\pi \cdot 2{,}8^2$) in 10 Centimeter Abstand von der Torsionsaxe nicht merklich vergrössert und auch die Schwingungsdauer, welche je nach Länge, Dicke und Material des Drahtes 6 bis 10 Sekunden betrug, und bis auf Hundertel Sekunden bestimmt wurde, zeigte nur in

den letzteren eine Erhöhung, wenn die Cartons angebracht waren, so dass wir auch diese als dadurch ungeändert betrachteten. Aber das Dekrement α des Apparates mit den Cartons betrug nahezu das doppelte desjenigen α' nach Entfernung der Cartons; es war beispielsweise das erstere Dekrement in briggischen Logarithmen und für eine Schwingungsdauer 0,00111, und das letztere 0,00056. In natürlichen Logarithmen und zur Sekunde umgerechnet ist also gemäs Calkul des § 4

$$\alpha = \frac{H}{2\mu},$$

worin H den gesammten Widerstand des ganzen Apparates sammt den Cartons, auf die Entfernung 1 und auf die Geschwindigkeit 1 (auf letztere nach dem Widerstandsgesetze mit der ersten Potenz) reduziert vorstellt. Und analog ist

$$\alpha' = \frac{H'}{2\mu},$$

worin H' den gesammten Widerstand des Apparates ohne die Cartons bedeutet.

Die Differenz $(H-H')$ ist der gesuchte Luftwiderstand der beiden Cartons in der Entfernung 1 und bei der Geschwindigkeit 1. Wie schon in § 5, wollen wir n diesen Luftwiderstand nennen, wenn derselbe auch auf die Fläche 1 reduziert ist. Dann ist

$$H - H' = n \,.\, 2\pi\, 2{,}8^2 \,.\left(10^2 + \frac{2{,}8^2}{4}\right).$$

Reduziert man ferner die vorhin angegebenen numerischen Werte der beiden Dekremente, oder kürzer blos deren Differenz auf natürliche Logarithmen (Faktor 2,3...) und auf 1 Sekunde (Divisor 6,..), so wird dieselbe 0,00021.

Also
$$n = \frac{0{,}000\,21 \,.\, 33{,}5}{\pi\, 2{,}8^2 \,.\, 102} . = 0{,}000\,002\,8$$

Gramme beträgt der Luftwiderstand von 1 Quadratcentimeter

bei 1 Centimeter Geschwindigkeit. Diese Zahl stimmt einigermassen mit unserem „Anhaltspunkte" oder der Vergleichszahl des § 5.

§ 7. Betrüge der grösstmögliche Fehler in der Bestimmung der beiden Faktoren des letzten Quotienten je eine Einheit der letztangegebenen Zifferstelle, so wäre der Fehler in der Messung des n höchstens zwei Einheiten von der Zahl 28. Wir änderten auch die Grösse der Cartons ab, indem wir neben den vorigen (π $2{,}8^2$) auch die kleineren ($\pi \,.\, 1{,}4^2$) und die grösseren (π $4{,}2^2$) im Abstande 10 Centimeter von der Drehaxe wählten. Dadurch wurde die vorhin angegebene Differenz der gemessenen Dekremente 0,00055 (nach briggischen Logarithmen und pro Schwinggungsdauer) abgeändert bezüglich in 0,00012 und 0,00120; während die Trägheitsmomente der Cartonflächen im Verhältnis von

$$1{,}4^2\left(10^2+\frac{1{,}4^2}{4}\right) \text{ zu } 2{,}8^2\left(10^2+\frac{2{,}8^2}{4}\right) \text{ zu } 4{,}2^2\left(10^2+\frac{4{,}2^2}{4}\right)$$

oder von

$$1 \,.\, 1005 \text{ zu } 4 \,.\, 1020 \text{ zu } 9 \,.\, 1045$$

variierten. Vergleicht man hiemit die Verhältnisse der vorher genannten Differenzen der Dekremente

$$12 : 55 : 120,$$

so sieht man, dass dieselben angenähert übereinstimmen, nämlich mit Abweichungen von ungefähr 10 Procenten in runder Zahl.

Letztere drei und drei Verhältnisse sind Durchschnittszahlen aus wiederholten Beobachtungen. Wir fassten aber bald den Vorsatz, die unifilare Aufhängung mit der bifilaren zu vertauschen.

§ 8. Bifilare Versuche, vorerst mit einer kleinen Drehwage;

Die alte Drehwage, wie sich deren eine in vielen physikalischen Cabineten vorfindet, ward zur bifilaren umgewandelt mit dem Abstande der parallelen Hälften des Drahtes oder dem Durchmesser der festen Rolle 1,5 Centimeter; die bifilare Länge betrug 41 Centimeter, das Gesammtgewicht 284 Gramme. Dann kommt statt des Torsionsmomentes das Gewichtsmoment $K' = \frac{284 . 1{,}5^2}{4 . 41}$ in Rechnung, das ist 3,89; und aus der Schwingungsdauer $T' = 2{,}13$ Sek. berechnet sich das Trägheitsmoment

$$\mu' = \frac{K' . T'^2}{4\pi^2} = 0{,}447.$$

(Von diesen 284 Gr. sind 200 cylindrisch vom Radius 1,85 und um die Cylinderaxe sich drehend angeordnet, was als Trägheitsmoment $\frac{1}{2} . \frac{200 . 1{,}85^2}{981}$ oder 0,349 giebt; würden alle 284 Gr. einen solchen Cylinder bilden, so würde das Trägheitsmoment 0,488 sein; das aus Messung und Theorie hervorgegangene 0,447 ist also wirklich mitteninne. Diese erste Probe ermutigte zu weiterem Vorgehen).

Nach Anhängung der beiden grössten Cartons des § 7 (π $4{,}2^2$), deren Gewicht zusammen ganz nahe 5 Gr. beträgt, wurde die Schwingungsdauer beim jetzigen Apparate um die Hälfte grösser als vorher, $T = 3{,}24$; das Gewichtsmoment betrug jetzt $\frac{289 . 1{,}5^2}{4 . 41} = 3{,}95$; also das Trägheitsmoment $\mu = \frac{KT^2}{4\pi^2} = 1{,}051$, jetzt mehr als doppelt so gross gegenüber vorhin.

(Die Kontrolle $\mu = \mu' + \frac{5}{981}\left(10^2 + \frac{4{,}2^2}{4}\right) = 0{,}447 + 0{,}53 = 0{,}98$ diente als zweite Probe).

Die beiden Dekremente mit und ohne Cartons in briggischen Logarithmen und pro Sekunde waren 0,00828 und

0,00062; die Dekremente nach natürlichen Logarithmen sollen wie in § 6 wieder α und α' heissen. Dann ist, wenn wir uns im ersteren Falle eine noch unbekannte Fläche f denken, die den Luftwiderstand pro Quadratcentim. von n Grammen bei der Geschwindigkeit 1 leistet und auf diese Art das Dekrement α' verschulden würde,

$$\alpha' = \frac{f \, . \, n}{2\mu'}$$

(Diese ideale Fläche f muss man sich auch noch im Abstande 1 von der Drehaxe denken, weil in der Differentialgleichung des § 4 H' oder jetzt fn das Moment der dämpfenden Kraft bedeutet.)

Analog zu § 6 ist ferner, wenn die beiden Cartons aufgesteckt sind,

$$\alpha = \frac{fn + 2\pi \, . \, 4{,}2^2 \left(10^2 + \frac{4{,}2^2}{4}\right)}{2\mu}$$

Aus diesen beiden Gleichungen eliminiert sich das Produkt fn und wird nach Ausführung der Rechnung mit den angegebenen numerischen Daten

$$n = 0{,}000\,003\,36$$

welcher Wert im Vergleich mit dem durch die unifilare Drehwage gefundenen des § 6 um 20% zu hoch ist. Sieht man von dieser Ungenauigkeit der kleinen Drehwage ab, so kann man als Beisatz auch noch die Grösse f bestimmen und findet dafür rund 380 Quadratcentimenter. Hierin ist die thatsächliche Luftreibung des grossenteils cylindrischen Gewichtes enthalten, das sich beim Schwingen um seine Axe dreht; aber grösser als dieser Anteil wird der Luftwiderstand des Apparates (ohne die Cartons), und des zwar dünnen aber 20 Centim. langen Drahtes sein, an dem die Cartons aufzustecken waren. Dies führt uns vorübergehend auf den

§ 9. Vergleich der Luftwiderstandskonstante n mit der Luftreibungskonstante k:

Die Luftreibung ist als Kraft gleich dem Produkte aus Masse (nach dem absoluten Systeme eine Anzahl von Grammen) und Beschleunigung (Centimeter durch das Quadrat der Sekundenzahl). Diese Kraft ist nach dem Newton'schen Fundamentalgesetze proportional der Fläche und der relativen Geschwindigkeit zweier Schichten in der Entfernungs-Einheit. So gelangen wir zu der Gleichung für die Bestimmung der Dimensionen von k

$$\text{Gramm}^1 \cdot \frac{\text{Centim.}^1}{\text{Sekunde}^2} = \text{k} \cdot \text{Centim.}^2 \cdot \frac{\text{Centim.}^1}{\text{Sekunde}^1} : \text{Centim.}^1$$

Oder die Dimensionen von k sind:

$$\frac{\text{Gramm}^1 .}{\text{Centim.}^1 \cdot \text{Sekunde}^1} \text{ in absol. System.}$$

Im konventionellen Systeme ist die vorhin besprochene „Masse" noch mit der Erdbeschleunigung $981 \frac{\text{Centim.}^1}{\text{Sekunde}^2}$ zu dividieren, so dass übrig bleibt: $\frac{\text{Gramm}^1 \cdot \text{Sekunde}^1}{\text{Centim.}^2}$ im konvent. System.

Als Zahlenwert für k giebt Dr. H. Herwig in „Physikalische Begriffe und absolute Maasse", Leipzig Teubner 1880,

0,000 19 im absol. Syst. und

0,000 000 194 im konventionellen.

Der Luftwiderstandskoeffizient n[1]) der vorausgehenden §§ ist daselbst nach dem letzteren System genommen; er ergab sich am Schlusse von § 7 als Produkt des Trägheitsmomentes eines Gewichtes und einer Dekrementendifferenz, dividiert durch das Trägheitsmoment der Scheibenflächen; also

$$\frac{\text{Gramm}^1 \cdot \text{Centim.}^2}{\text{Beschleunigung (981)}} \cdot \frac{1}{\text{Sekunde}^1} : \text{Centim.}^4$$

1) In Herwig's Sammlung nicht aufgeführt.

Demnach wird

$n = 0{,}000\,003$ Gramm^{1}. Centim.$^{-3}$. Sekunde^{1} im konventionellen System, und

$n' = 0{,}003$ Gramm^{1}. Centim.$^{-2}$. Sekunde^{-1} im absoluten System.

Hätte man das letztere Resultat (n') gerade so abgeleitet wie das erste Resultat dieses §, so hätte man in der ersten Gleichung desselben den letzten Divisor der rechten Seite, das ist eine Längendimension weglassen müssen. Die Constante des Luftwiderstandes ist auch naturgemäs um eine Längendimension niedriger als diejenige der Luftreibung. Für obige Einheiten ist bei uns die erstere Constante rund 15 mal so gross ausgefallen als die letztere schon seit längerer Zeit angegeben wird.

(Dagegen findet sich für die Constante a des § 1 nach dem quadratischen Widerstandsgesetze

$a = 0{,}000\,000\,65$ Gramm^{1}. Centim.$^{-4}$. Sek.^{2} im konv. Syst.,

das ist nur 3 und $\frac{1}{2}$ mal so gross als die Luftreibungskonstante 0,000 000 194.)

§ 10. Von den vorgängigen Versuchen des § 6 und 8 mit der grossen unifilaren und der kleinen bifilaren Drehwage gingen wir auf solche mit einer grossen bifilaren Drehwage über. Länge derselben $l = 200$ Centim., Kugel ähnlich wie in § 6 aber 3850 Gramme schwer, Cartons wie in § 8; Dekremente pro Sek. in brigg. Logarithmen mit und ohne Cartons 0,000 262 und 0,000 064; das Trägheitsmoment der Kugel sammt Zubehör wie in § 8 durch die Schwingungsdauer 12,2 Sekunden bestimmt und gleich 41,3 gefunden (theoretisch aus dem Gewicht der Kugel allein ergab sich 39). Das Trägheitsmoment und die Schwingungs-

dauer (12,24 mit und 12,16 ohne Cartons) galten in den beiderlei Versuchen mit und ohne Cartons wieder als gleich wie in § 6, mit genügender Annäherung. Die Berechnung nach § 6 lieferte

$$n = 0{,}000\,003\,29 \text{ oder nahe } 0{,}000\,003$$

in Uebereinstimmung mit § 6 und 8.

Zweiter Versuch: $l = 50$ Centim.; das Uebrige am Apparate wie vorhin; es ergab sich in brigg. Logarithmen 0,000 264 und 0,000 088 (s. noch § 11 u. 12); also die Differenz 0,000 176 und in natürl. Logarithmen 0,000 405. So kommt nach § 6

$$n = \frac{0{,}000\,405 \,.\, 41{,}3}{\pi \,.\, 4{,}2^2 \,.\, 104{,}4} = 0{,}000\,002\,89$$

nahe beim Resultate des § 6 und zwischen diesem und dem Resultate des § 8, sowie dem vorigen Resultate dieses §.

§ 11. Bei der grossen Torsionswage (§ 6 u. 10) betrug der Abstand der Skale vom Spiegel 160 Centim. Die Skale war 80 Centim. lang, und wir hatten im letzten Versuche des § 10 absichtlich mit Amplituden begonnen, welche der ganzen Skale entsprechen. Die Dekremente sind da nicht konstant gewesen, wie es der Theorie des § 4 entsprechen würde, sondern fallen merklich, und nähern sich erst bei hinreichend klein gewordenen Amplituden einem Endwerte, statt dessen wir vorläufig das letztbeobachtete Dekrement in die Rechnung gesetzt haben.

Wir gaben deshalb auch noch dem Reize zur Erweiterung der Differentialgleichung des § 4 nach, damit diese auch für fallende Dekremente gelte.

Hiebei war vor Allem zu untersuchen, ob die Abnahme der Dekremente sich nicht daraus erklären lasse, dass für

das Gewichtsmoment [1]) bei der bifilaren Aufhängung eigentlich $K \sin \omega$ statt $K\omega$ in § 4 oder wenigstens

$$K\omega - \frac{K}{6}\,\omega^3$$

gesetzt werden musste. S. § 13.

Alsdann konnte man darangehen, den Gesammtwiderstand $H \frac{d\omega}{dt}$ in § 4 auf

$$H \cdot \frac{d\omega}{dt} + J \cdot \left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2$$

zu erweitern. Wir mussten sogar bis zur dritten Potenz der Geschwindigkeit $\frac{d\omega}{dt}$ vorgehen. S. § 14 u. f. Dergleichen Berechnungen werden zum Glücke dadurch einigermassen erleichtert, dass es gestattet ist, jede Correctur ohne Rücksicht auf die andern vorzunehmen.

§ 12. Die am Schlusse von § 10 und am Anfange von § 11 erwähnte und für den nachfolgenden Calkul benutzte Beobachtungsreihe ist folgende:

9. November, 8^0 Cels., $l = 50$ Centim.; das Uebrige a. a. O.

---

1) Auch beim Torsionsmomente der unifilaren Aufhängung fällt die zweite Potenz der variablen Amplitude ω ausser Acht, so oft man dieses Moment für positive und negative ω als gleich ansehen darf. Aber Cornu und Baille untersuchten gerade die mit einem Gliede $K'\omega^2$ erweiterte Differentialgleichung, wovon noch im § 17 die Rede sein soll.

I. Mit den beiden Cartons ($\pi . 4{,}2^2$); Schwingungsdauer 5,75 Sek.

N.	Zeit	Ampl. in Bogenminuten	Logar. brigg.	Differenz der Logar.	Dekrement pro 1 Sek. brigg.	Dekrement λ_N pro 1 Schwing. in natürl. Log.
1	$1^h 49' 35''$	704,4	2,84782	0,10439	0,000343	0,00454
2	$1^h 54' 39''$	553,9	74343	09595	315	417
3	u. s. f.	444,1	64748	9021	296	392
4	nach je	360,8	55727	8671	285	377
5	53 ganzen	295,5	47056	8513	277	366
6	Oscill. oder	242,9?	38543	8245	271	359
7	304,5 Sek.	200,9	30298	8131	267	354
—	$2^h 25' 6^1/_2''$	166,6	22167	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	$2^h 45' 35''$	78,33	1,89393	0,32549	264	350
—	$3^h 6' 9''$	37,02	56844	—	—	—

II. Ohne die Cartons; Schwingungsdauer 5,71 Sek.

N.	Zeit	Ampl. in Bogenminuten	Logar. brigg.	Differenz der Logar.	Dekrement pro 1 Sek. brigg.	Dekrement λ_N pro 1 Schwing. in natürl. Log.
1	$3^h 19' 5''$	758,3	2,87984	0,11619	0,0000921	0,00121
2	$3^h 40' 6''$	580,3	76365	11558	916	121
3	u. s. f.	444,7	64807	11519	913	120
4	nach je 221	341,1	53288	11375	902	119
5	Oscill. oder	262,5	41913	11228	890	117
6	1261 Sek.	202,7	30685	11123	881	116
—	$5^h 25' 11''$	156,9	19562	—	—	—

Bei dem obigen Fragezeichen war eine Störung oder ein Versehen des Beobachters vorgefallen; durch Auftragen der Dekremente als Ordinaten mit der Abscisse der Zeit ward die gerechnete Zahl 0,000280 zwischen den obigen Dekrementen 0,000285 und 0,000271 in die oben einge-

tragene 0,000 277 verbessert (s. Col. 6). Die fragliche Kurve verläuft ungefähr nach einer kubischen Parabel als Annäherung an die Exponentialkurve (s. Ende des § 19); dagegen nehmen die Dekremente in II so ziemlich linear ab.

§ 13. Zuerst berechneten wir den Einfluss von $\frac{K\omega^3}{6}$ bei $K\omega$ (§ 11) nach der von O. Chwolson in seiner Schrift „über die Dämpfung von Schwingungen bei grösseren Amplituden" (Petersburger Akademie 1879) angegebenen Formel, die wir verifiziert hatten. Die betreffende Correctur ergab sich im höchsten Falle als 0,001 mal dem in unserer Tabelle § 12 angegebenen Dekremente, fällt also über die von uns angegebenen Dezimalen hinaus. Also konnten oder mussten wir dieses Correcturglied bei Seite lassen.

Nicht so leicht war aber unsere Arbeit hinsichtlich des J im § 11, für welches wir uns die Correcturformel selber herzustellen hatten. Darum teilen wir die betreffende Entwicklung sogleich mit.

§ 14 Setzen wir in der Differentialgleichung des § 4 $\frac{H}{\mu} = 2\alpha$, $\frac{K}{\mu} = \beta^2$ und das J des § 11 gleich $\mu b'$, so lautet die erweiterte Gleichung

$$\frac{d^2\omega}{dt^2} + 2\alpha\frac{d\omega}{dt} + \beta^2\omega = -b'\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2 = V$$

wobei $\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\beta^2 - \alpha^2} = \varrho$ für die Schwingungsdauer T gilt und in dem folgenden Correcturgliede ψ der gesuchten Amplitude ω mit erlaubter Annäherung ϱ statt β (oder ϱ^2 statt $\varrho^2 + \alpha^2$) gesetzt wird.

Man setzt

$\omega = \omega_1 e^{-\alpha t} \sin \varrho t + \psi$, worin nach der in § 13 angegebenen Quelle

$$\psi = \frac{e^{-\alpha t}}{\varrho} \cdot \left[\sin\varrho t \int V \cdot e^{\alpha t} \cos\varrho t\, dt - \cos\varrho t \int V e^{\alpha t} \sin\varrho t\, dt\right]$$
$$+ e^{-\alpha t} \cdot (A\cos\varrho t + B\sin\varrho t).$$

A und B sind aus $\psi = 0$ und $\frac{d\psi}{dt} = 0$ für $t = 0$ zu bestimmen. Die beiden angedeuteten Integrale sind

$$-\omega_1{}^2 b' \int e^{-\alpha t} \cdot (\varrho^2 \cos^3\varrho t - 2\varrho\alpha \cos^2\varrho t \sin\varrho t + \alpha^2 \sin^2\varrho t \cos\varrho t)dt$$

und

$$-\omega_1{}^2 b' . \int e^{-\alpha t} . (\varrho^2 \cos^2\varrho t \sin\varrho t - 2\varrho\alpha \cos\varrho t \sin^2\varrho t + \alpha^2 \sin^3\varrho t)dt.$$

Mit Hülfe von $A_k = e^{\alpha t} \sin^{3-k}\varrho t . \cos^k\varrho t$ und $J_k = \int A_k dt$, worin für k successive zu setzen ist 0, 1, 2, 3, wird

$$\left.\begin{aligned} A_0 &= -\alpha J_0 + 3\varrho J_1 \\ A_1 &= -\varrho J_0 - \alpha J_1 + 2\varrho J_2 \\ A_2 &= \quad - 2\varrho J_1 - \alpha J_2 + \varrho J_3 \\ A_3 &= \quad\quad - 3\varrho J_2 - \alpha J_3 \end{aligned}\right\} \quad \text{Determ. } \varDelta = \alpha^4 + 10\alpha^2\varrho^2 + 9\varrho^4$$

Im Einklange mit der schon angegebenen Vernachlässigung von α^2 gegenüber ϱ^2 konnten wir auch $\varDelta = 9\varrho^4$ schreiben. Dass wir dies nicht sogleich thaten, ward uns durch die zur Kontrolle der Rechnung vorzüglich geeignete Symmetrie gelohnt.

$$\begin{aligned} \varDelta . J_0 &= A_0 (-\alpha^3 - 7\alpha\varrho^2) + A_1 (-3\alpha^2\varrho - 9\varrho^3) \\ &\quad + A_2 (-6\alpha\varrho^2) + A_3 (-6\varrho^3) \\ \varDelta . J_1 &= A_0 (\alpha^2\varrho + 3\varrho^3) + A_1 (-\alpha^3 - 3\alpha\varrho^2) \\ &\quad + A_2 (-2\alpha^2\varrho) + A_3 (-2\alpha\varrho^2) \\ \varDelta . J_3 &= A_0 (-2\alpha\varrho^2) + A_1 (2\alpha^2\varrho) \\ &\quad + A_2 (-\alpha^3 - 3\alpha\varrho^2) + A_3 (-\alpha^2\varrho - 3\varrho^3) \\ \varDelta . J_4 &= A_0 (6\varrho^3) + A_1 (-6\alpha\varrho^2) \\ &\quad + A_2 (3\alpha^2\varrho + 9\varrho^3) + A_3 (-\alpha^3 - 7\alpha\varrho^2). \end{aligned}$$

Hiemit sind die a. v. S. Z. 5 u. 7 angedeuteten Integrationen, also auch der erste Teil von ψ, Zeile 1, erledigt. (Zur Zusammenfassung desselben leistet noch die Relation $A_k \cdot \cos \varrho t = A_{k+1} \cdot \sin \varrho t$ einen passenden Dienst). Für den zweiten Teil von ψ findet sich

$$A = \frac{3\omega_1{}^2 b' \varrho^2}{\Delta} (\alpha^2 + \varrho^2) \text{ und } B = -\frac{\omega_1{}^2 b' \varrho \alpha}{\Delta} (\alpha^2 + \varrho^2).$$

Alles zusammengefasst und α^2 wie gesagt als verschwindend betrachtet, wird endgültig

$$\psi = -\frac{\omega_1{}^2 b' e^{-\varepsilon \alpha t}}{9\varrho} \cdot \left(-\frac{3}{2} \varrho \cos 2\varrho t + \alpha \sin 2\varrho t + \frac{9}{2} \varrho\right)$$

$$+ \frac{\omega_1{}^2 b' e^{-\alpha t}}{9\varrho} (3\varrho \cos \varrho t - \alpha \sin \varrho t).$$

Zur Probe der Richtigkeit dieses Resultates setzten wir dasselbe in die Differentialgleichung ein. Wir rechneten auch einmal ohne obige A und Δ, indem wir in den obigen Integralen die Sinus und Cosinus der Vielfachen einführten. Auf letztere Weise wird auch Chwolson, s. vorigen §, verfahren sein.

§ 15. Nun ist die Gleichung für das Dekrement zu bilden, dessen Endwert mit λ_∞ bezeichnet werde, während die beobachteten Werte (§ 12) λ_n heissen sollen.

Die unkorrigierte Zeit τ_n der Vollendung der n^ten^ Elongation ω_n wird berechnet aus der Gleichung $\frac{d\omega_n}{dt} = 0$ und ergiebt sich als

$$\tau_n = \frac{1}{\varrho} \left[\operatorname{arc\,tan} \frac{\varrho}{\alpha} + (n-1)\pi \right], \text{ woraus folgt}$$

$$\sin \varrho \tau_n = \frac{\varrho}{\sqrt{\varrho^2 + \alpha^2}} \cdot (-1)^{n-1} = (-1)^{n-1},$$

$$\cos \varrho \tau_n = \frac{\alpha}{\sqrt{\varrho^2 + \alpha^2}} (-1)^{n-1} = \frac{\alpha}{\varrho} \cdot (-1)^{n-1}.$$

Nennen wir alsdann mit Chwolson a. a. O. § 7 $\frac{\sigma}{\varrho}$ die Correctur von τ_n, so ist die n^te^ Elongation

$$\omega_n = \omega_{t = \tau_n + \frac{\sigma}{\varrho}} + \psi_{t = \tau_n}$$

$$= \omega_1 \cdot e^{-\alpha \tau_n} \cdot e^{-\alpha \frac{\sigma}{\varrho}} \cdot \sin(\varrho \tau_n + \sigma) + \psi_{t = \tau_n}$$

$$= \omega_1 \cdot e^{-\alpha \tau_n} \left(1 - \frac{\alpha \sigma}{\varrho}\right) (\sin \varrho \tau_n + \sigma \cdot \cos \varrho \tau_n) + \psi_{t = \tau_n}$$

$$= \omega_1 \cdot e^{-\alpha \tau_n} \cdot (-1)^{n-1} + \psi_{t = \tau_n}.$$

Unter Benützung des Wertes ψ vom § 14 wird hieraus

$$\omega_n = (-1)^{n-1} \cdot \omega_1 \cdot e^{-\alpha \tau_n} \cdot \left[1 - \frac{2}{3} \omega_1 b' \cdot e^{-\alpha \tau_n} \cdot (-1)^{n-1} + \frac{2}{9} \omega_1 b' \frac{\alpha}{\varrho}\right].$$

Eine ganze Schwingungszeit später, oder nach Verlauf von $\tau_{n+2} = \tau_n + \frac{2\pi}{\varrho}$ Sekunden vom Anfangspunkte der Zeit an gerechnet, ist

$$\omega_{n+2} = (-1)^{n+1} \cdot \omega_1 \cdot e^{-\alpha \tau_n} \cdot e^{-2\alpha\pi : \varrho} \cdot \left[1 - \frac{2}{3} \omega_1 b' e^{-\alpha \tau_n} \cdot e^{-2\alpha\pi : \varrho} \cdot (-1)^{n+1} + \frac{2}{9} \omega_1 b' \frac{\alpha}{\varrho}\right].$$

Also, wenn man gleich die Annäherung log nat $(1+\gamma) = \gamma$ benützt

$$\lambda_n = \log \text{nat} \left(\frac{\omega_n}{\omega_{n+2}}\right) = \frac{2\alpha\pi}{\varrho} + (-1)^{n+1} \cdot \frac{2}{3}\omega_1 b' e^{-\alpha\tau_n} \cdot (e^{-2\alpha\pi:\varrho} - 1).$$

Nach § 4 ist α das Dekrement in natürl. Logarithmen pro Sekunde; nach § 14 ist $\frac{2\pi}{\varrho} = T$ die Schwingungsdauer. Also ist $\frac{2\alpha\pi}{\varrho} = \lambda_\infty$ der Endwert des Dekrementes pro Schwingungsdauer. Gerade so ist also auch das beobachtete Dekrement λ_n in Rechnung zu bringen; deshalb die letzte Colonne der Tabelle in § 12. Hiemit wird, wenn fürderhin der Suffix ∞ wegbleibt,

$$\lambda_n = \lambda - (-1)^{n+1} \cdot \frac{2}{3}\omega_1 \cdot b' \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda\tau_n : T}$$

Das auftretende Doppelzeichen sagt, dass nach n gleich einer ungeraden oder geraden Zahl von Elongationen die Constante b′ des Correcturgliedes $b'\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2$ des Gesammtwiderstandes unseres Torsionspendels beziehungsweise negativ oder positiv sein muss, wie es auch dieser Gesammtwiderstand[1]) $2\alpha \cdot \frac{d\omega}{dt}$ ist, der mit der Richtung der Geschwindigkeit $\frac{d\omega}{dt}$ sein Zeichen wechselt. Man vergleiche das im § 11 wegen des quadratischen Correcturgliedes $b\omega^2$ Gesagte. Es muss nämlich jedes beobachtete Dekrement λ_n (§ 12) grösser sein

1) Strenge genommen gehört noch der Beisatz „am Hebelarme 1" hinzu, weil in der Differentialgleichung des § 4 oder 14 statische Momente zu denken sind. Auch ist im § 14 mit dem Trägheitsmomente der Kugel (μ) wegdividiert worden.

als der beobachtete oder berechnete Endwert λ. Vergl. auch Gronau, welcher bei seiner Berechnung der Newton-' schen Pendelversuche (Danzig 1850) den Widerstand in die Differentialgleichung mit b $\frac{d\omega}{dt}$ minus b' $\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2$ eingeführt hat.

§ 16. Zur numerischen Berechnung der Versuche in § 12 ist statt des Suffixes n, der die Anzahl der Elongationen bedeutet, der Suffix N der dortigen Tabelle zu denken, welcher die Anzahl der Beobachtungen vorstellt.

Ferner ist die erste Elongation ω_1

mit Cartons: $\frac{1}{2} . 704{,}4 . \frac{\pi}{180 . 60}$ oder 0,1025 und

ohne Cartons: „ 758,3 „ „ 0,1103.

Einen genäherten Wert für b' erhält man vorerst, indem man λ beziehungsweise 0,00350 und 0,00116 aus der Tabelle einsetzt, und statt λ_N die Anfangswerte 0,00454 und 0,00121. Für diese ist $\tau_n : T = \frac{1}{4}$. Für die folgenden Dekremente 0,00417 und 0,00121 wäre hernach $\tau_n : T = \frac{1}{4} + 1 . 53$, beziehungsweise $\frac{1}{4} + 1 . 221$ zu setzen; überhaupt allgemein für λ_N

$$\text{mit Cartons: } \tau_N : T = \frac{1}{4} + (N-1) . 53$$

$$\text{ohne Cartons: } \frac{1}{4} + (N-1) . 221.$$

Dies werden wir im § 19 brauchen. Jetzt aber genügte schon das genäherte Resultat von b', welches „mit Cartons" gleich 5 und „ohne dieselben" gleich $\frac{1}{2}$ wurde, um uns zu zeigen, dass das Correcturglied b' $\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2$ unbrauch-

bar ist. Es ist viel zu gross, viel grösser als der zu corrigierende Wert $2\alpha \frac{d\omega}{dt}$ und überragt weit alle die Angaben über den Luftwiderstand in § 1 und den folgenden. Zur Vergleichung kann das im § 19 folgende b'' dienen und die hierauf folgenden §§.

So auffallend dieses Ergebnis scheinen konnte, so hatten wir doch noch einen andern Fingerzeig dafür auf dem Wege unserer wiederholten Rechnungen erhalten. Es zeigte sich nämlich, dass die im § 12 erwähnte kubische Parabel unsere λ_N nur dann befriedigend darstellen könnte, wenn in der letzten Gleichung des § 15 der Exponent e noch einen Faktor hätte, der sich gleich 2 entzifferte. Dass wir diesen Faktor bei Benützung des Correcturgliedes

$$b''\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^3$$

erhalten würden, hat uns diejenige Rechnung, über welche schon im § 13 berichtet wurde, gelehrt oder zunächst vermuten lassen. Indes wäre wohl auch davon abgesehen dieses letztgenannte Correcturglied an die Reihe gekommen.

Vorläufig kann schon auf den Vergleich der Schlussformeln in § 15 und 19 hingewiesen werden.

§ 17. Ehe wir auf diese dritte Potenz der Geschwindigkeit $\frac{d\omega}{dt}$ eingehen, mag es hier der geeignetste Ort sein, die von Cornu und Baille behandelte Correctur der Differentialgleichung des § 4 mit dem Gliede, welches der zweiten Potenz des Ausschlags ω proportional, eingehender zu erwähnen, als dies schon in der Anmerkung des § 11 geschehen konnte. Diese beiden Autoren integrierten in den Compt. Rend. T. 86 (1878) S. 1001 u. f. (influence des termes proport. au carré des écarts dans le mouvement oscill. de la balance de torsion) die Gleichung

$$\frac{d^2\omega}{dt^2} + h\frac{d\omega}{dt} + s\omega = w\,.\,\omega^2$$

mit

$$\omega = \omega_1\,.\,e^{-\alpha t}\,.\sin 2\pi\frac{t}{T} + \frac{w\,.\,\omega_1{}^2.\,e^{-2\alpha t}}{3s}\,.\left(1 + \cos^2 2\pi\frac{t}{T}\right)$$

worin

$$\alpha = \frac{h}{2} \text{ und } \frac{2\pi}{T} = \sqrt{s - \alpha^2} = \varrho;$$

sie fügen bei, dass sie α^2 vernachlässigt haben (gegen ϱ^2, vergl. § 14). Nun ergiebt sich aber unter dieser Voraussetzung

$$\omega = \omega_1 e^{-\alpha t}.\sin 2\pi\frac{t}{T} + \frac{w.\omega_1{}^2.e^{-2\alpha t}}{3s}.\left(1 + \cos^2 2\pi\frac{t}{T} + \frac{4}{3}\frac{\alpha}{\sqrt{s}}\sin 2\pi\frac{t}{T}\cos 2\pi\frac{t}{T}\right)$$

$$+ \frac{w.\omega_1{}^2 e^{-\alpha t}}{3s}.\left(\frac{2}{3}\frac{\alpha}{\sqrt{s}}\sin 2\pi\frac{t}{T} - 2\cos 2\pi\frac{t}{T}\right).$$

Man sieht, dass Cornu und Baille nicht nur α^2 gegen s sondern auch α gegen $\sqrt{s}$ vernachlässigt und sogar ein von α als Faktor ganz freies Glied weggelassen haben, worüber eine Kontrollrechnung hätte Aufschluss geben müssen.

§ 18. Correctur $-\, b''\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^3 = V$ in § 14:

Die beiden S. 181 Z. 5 u. 7 stehenden Integrale werden jetzt

$$-\,\omega_1{}^3\,.\,b''\,.\int e^{-2\alpha t}.(\varrho^3\cos^4\varrho t - 3\varrho^2\alpha\cos^3\varrho t\sin\varrho t + 3\varrho\alpha^2\cos^2\varrho t\sin^2\varrho t - \alpha^3\cos\varrho t\sin^3\varrho t)\,dt$$

und

$$-\,\omega_1{}^3.b''.\int e^{-2\alpha t}.(\varrho^3\cos^3\varrho t\sin\varrho t - 3\varrho^2\alpha\cos^2\varrho t\sin^2\varrho t + 3\varrho\alpha^2\cos\varrho t\sin^3\varrho t - \alpha^3\sin^4\varrho t)\,dt.$$

Ferner

$$A_k = e^{-2\alpha t}.\cos^k\varrho t.\sin^{4-k}\varrho t, \quad \text{wobei } k = 0, 1, 2, 3, 4.$$

Lassen wir jetzt zur Abkürzung α^2 gegenüber ϱ^2 gleich von vorneherein weg, so haben wir statt der vorigen zweimal vier Glieder nur zwei Binome zu berücksichtigen. Ferner folgt

$$\left.\begin{array}{ll} A_0 = & -2\alpha J_0 - 4\varrho J_1 \\ A_1 = & \varrho J_0 - 2\alpha J_1 - 3\varrho J_2 \\ A_2 = & 2\varrho J_1 \quad 2\alpha J_2 - 2\varrho J_3 \\ A_3 = & 3\varrho J_2 - 2\alpha J_3 - \varrho J_4 \\ A_4 = & 4\varrho J_3 - 2\alpha J_4 \end{array}\right\} \begin{array}{l} \Delta = -128\varrho^4 . \alpha \\ \text{(abgekürzt).} \end{array}$$

Die beiden Constanten ergeben sich

$$A = -\frac{1}{32} . \omega_1{}^3 . b'' . \varrho$$

$$B = -\frac{6}{32} . \omega_1{}^3 . b'' . \frac{\varrho^2}{\alpha} .$$

Alles zusammengefasst wird die Correctur der Variablen ω

$$\psi = \frac{1}{32} . \omega_1{}^3 . b'' . \frac{\varrho}{\alpha} . e^{-3\alpha t} . (\alpha \cos^5 \varrho t + 6\varrho \cos^4 \varrho t . \sin \varrho t$$

$$- 2\alpha \cos^3 \varrho t . \sin^2 \varrho t + 12\varrho \cos^2 \varrho t . \sin^3 \varrho t$$

$$- 3\alpha \cos \varrho t . \sin^4 \varrho t + 6\varrho \sin^5 \varrho t)$$

$$-\frac{1}{32} . \omega_1{}^3 b'' . \frac{\varrho}{\alpha} . e^{-\alpha t} . (\alpha \cos \varrho t + 6\varrho \sin \varrho t).$$

Auch dieser Wert wurde durch Einsetzen in die Differentialgleichung kontrolliert.

§ 19. Analogie zu § 15 (jetzt die dritte Potenz der Geschwindigkeit statt der dortigen zweiten):

$$\omega_n = (-1)^{n-1} . \omega_1 . e^{-\alpha\tau_n} . \left[1 + \frac{3}{16} \omega_1{}^2 b'' \frac{\varrho^2}{\alpha} (e^{-2\alpha\tau_n} - 1)\right]$$

$$\omega_{n+2} = (-1)^{n+1} . \omega_1 . e^{-\alpha\tau_n} . e^{-2\alpha\pi : \varrho} . \left[1 + \frac{3}{16} \omega_1{}^2 b'' \frac{\varrho^2}{\alpha} \right.$$

$$\left. . (e^{-2\alpha\tau_n} . e^{-4\alpha\pi : \varrho} - 1)\right].$$

Folglich das natürlich logarithmische Dekrement pro Schwingungsdauer

$$\lambda_n = \lambda + \frac{3}{16} \cdot \omega_1{}^2 b'' \frac{\varrho^2}{\alpha} \cdot e^{-2\alpha\tau_n} \cdot (1 - e^{-4\alpha\pi:\varrho})$$

oder $\frac{2\pi}{\varrho} = T$ und $\frac{2\alpha\pi}{\varrho} = \lambda$ gesetzt

$$\lambda_n = \lambda + \frac{3}{16} \cdot \omega_1{}^2 b'' \frac{\varrho^2}{\alpha} \cdot e^{-2\lambda\tau_n:T} \cdot (1 - e^{-2\lambda})$$

$$= \lambda + \frac{3}{8} \cdot \omega_1{}^2 b'' \cdot \lambda \frac{\varrho^2}{\alpha} \cdot e^{-2\lambda\tau_n:T}$$

$$= \lambda + \frac{3}{4} \omega_1{}^2 b'' \cdot \pi\varrho \cdot e^{-2\lambda\tau_n:T}; \text{ wobei } \varrho = \frac{2\pi}{T} \text{ (§ 15)}$$

oder mit Rücksicht auf unsere Versuchstabelle in § 12 und wie im § 16

$$\lambda_N = \lambda + \frac{3}{2} \cdot \omega_1{}^2 b'' \cdot \frac{\pi^2}{T} \cdot e^{-2\lambda\tau_N:T}.$$

§ 20. Analogie zu § 16 (dritte Potenz der Geschwindigkeit statt der zweiten):

Betrachten wir das Enddekrement λ als die Unbekannte x und setzen als zweite Unbekannte

$$y = \frac{3}{2} \omega_1{}^2 \frac{\pi^2}{T} \cdot b'' \qquad (b'' \text{ gesucht});$$

setzen wir ferner im Exponenten (Correcturglied) für λ das aus der Beobachtung hervorgegangene 0,00350, beziehungsweise 0,00116 (mit und ohne Cartons), so ist allgemein

$$\lambda_N = x + y \cdot e^{-2\lambda\tau_N:T}$$

Wegen $\tau_n : T$ siehe § 16; dabei kann oder muss vielmehr noch für den ersten Fall $N = 1$ der ganze Exponent

als Null angesehen werden. Für $N = 2$ kommt alsdann $e^{-53\lambda}$ in die vorige Formel; für $N = 3$ kommt $e^{-2.53\lambda}$ u. s. w.

Auf diese Art erhält man

I. Mit Cartons	II. Ohne Cartons
$0{,}00454 = x + y$	$0{,}00121 = x + y$
$0{,}00417 = x + y \,.\, 0{,}67989$	$0{,}00121 = x + y \,.\, 0{,}600$
$0{,}00392 = x + y \,.\, 0{,}46225$	$0{,}00120 = x + y \,.\, 0{,}360$
$0{,}00377 = x + y \,.\, 0{,}31428$	$0{,}00119 = x + y \,.\, 0{,}216$
$0{,}00366 = x + y \,.\, 0{,}21368$	$0{,}00117 = x + y \,.\, 0{,}1294$
$0{,}00359 = x + y \,.\, 0{,}14518$	$0{,}00116 = x + y \,.\, 0{,}0776$
$0{,}00354 = x + y \,.\, 0{,}09877$	

Subtrahiert man unter I die erste und letzte, zweite und vorletzte, dritte und drittletzte Gleichung und versieht die so entstehenden Gleichungen beziehungsweise mit den Faktoren oder Gewichten 3, 2, 1, so erhält man nach Addition der drei letzteren Gleichungen

$$y = 0{,}00109$$

und x oder das gesuchte Enddekrement λ wird alsdann gleich 0,00343, während 0,00350 das letzte beobachtete Dekrement ist.

Der Unterschied beider beträgt geradezu 2 Prozent; um ebensoviel ist die am Schlusse von § 10 berechnete Grösse von n zu verringern; also wird $n = 0{,}000\,002\,83$, oder mit Weglassung der letzten unsicheren Stelle

$$n = 0{,}000\,002\,8.$$

Aus dem vorhin angegebenen Werte von y berechnet sich ferner

$$b'' = 0{,}0403$$

als der Coeffizient des Correcturgliedes des Gesammtwiderstandes bei den Versuchen I des § 12.

Auf analoge Weise ergiebt sich der entsprechende Coeffizient aus den sechs Gleichungen unter II; nur mit dem Unterschiede, dass bei der Combination der ersten und sechsten, zweiten und fünften, dritten und vierten Gleichung die Gewichtsfaktoren 5, 3, 1 anzuwenden sind. Das betreffende b'' beträgt

0,0019;

der Unterschied der beiden letzten Zahlen

0,0384

stellt die Constante des Correcturgliedes $b''\left(\frac{d\omega}{dt}\right)^3$ vor, welches dem von den beiden Cartons allein herrührenden Luftwiderstande $(H - H')\frac{d\omega}{dt}$ oder $2(\alpha - \alpha')\mu\frac{d\omega}{dt}$ zugehört. (s. § 6 u. 14).

§ 21. Endgültige Berechnung des Luftwiderstandes:

Es war im § 6 das Moment des Luftwiderstandes $(H - H')\frac{d\omega}{dt}$, und nach dem Widerstandsgesetz $W = n \,.\, F \,.\, v$ (§ 4) zerfällt dasselbe, wenn man einen vertikalen Streifen der beiden Cartons mit $y dx$ und seinen Abstand (Hebelarm) von der Drehaxe mit x bezeichnet in die Elementarteile

$$n \,.\, (y dx) \,.\, \left(\frac{x d\omega}{dt}\right) \,.\, x; \text{ also}$$

$$H - H' = n \int x^2 \,.\, y dx \quad \text{oder nach § 14}$$

$2(\alpha - \alpha')\mu = n$ mal dem Trägheitsmomente der beiden Cartonflächen

$= n \,.\, 2\pi\varrho^2 \,.\, \left(a^2 + \frac{\varrho^2}{4}\right)$, wenn a den Abstand des Centrums eines Cartons von der Drehaxe und ϱ den

Radius also $\pi\varrho^2$ die Fläche eines Cartons bedeutet. Deshalb war im § 6, 8, 10

$$n = \frac{(\alpha - \alpha')\mu}{\pi\varrho^2 . (a^2 + \frac{\varrho^2}{4})} \text{ gesetzt worden } (a = 10 \text{ Centim. } \varrho = 2{,}8, \text{ auch } 1{,}4 \text{ u. } 4{,}2).$$

Analog ist nun für das Correcturglied des Luftwiderstandes $0{,}0384 \left(\frac{d\omega}{dt}\right)^3$ (s. § 20) zu setzen, wenn n' die gesuchte Constante für die Einheiten der Fläche und Geschwindigkeit (Centimeter und Sekunde) in Grammen bedeuten soll,

$$0{,}0384 . \mu . \left(\frac{d\omega}{dt}\right)^3 = n' \int (y\,dx) \left(x \frac{d\omega}{dt}\right)^3 . x, \text{ oder}$$

$$0{,}0384 . \mu = n' \int x^4 . y\,dx$$

worin jetzt nach § 10 zu rechnen ist $\mu = 41{,}3$, und das Integral auf die beiden Kreisflächen $\pi . 4{,}2^2$ im Abstande ihrer Centra von der Drehaxe $a = 10$ zu beziehen. Folglich ist

$$0{,}0384 . 41{,}3 = n' . 2 . \pi\varrho^2 . \left(a^4 + \frac{3}{2} a^2\varrho^2 + \frac{\varrho^4}{8}\right), \quad a = 10, \ \varrho = 4{,}2$$

$$\text{oder} \qquad n' = 0{,}000\,001\,12$$

und das Gesetz für den Luftwiderstand ist

$$W = F . (n v + n' v^3)$$
$$= F . v \, (0{,}000\,002\,8 + 0{,}000\,001\,1 . v^2)$$

oder nahezu

$$W = 0{,}000\,002\,8 . F . v . \left(1 + \frac{2}{5} . v^2\right)$$

mit den Einheiten Gramm, Centimeter, Sekunde.

§ 22. Es entsteht noch die Frage, welche Maximal-Geschwindigkeit bei unserem Torsionspendel (§ 10 u. 12) vorgekommen ist, wegen der Gültigkeitsgränze der so eben

bestimmten numerischen Coeffizienten (vielleicht auch der ganzen Gesetzesform).

In § 16 wurde die Anfangselongation $\omega_1 = 0{,}11$ Centim. (im Abstande 1 von der Drehaxe) angegeben. Dieser Weg wurde zurückgelegt in $\frac{T}{4}$ oder 1,43 Sekunden (§ 12), so dass als mittlere Geschwindigkeit $\omega_1 \cdot \frac{4}{T}$ oder 0,08 sich ergäbe. Aber die Maximalgeschwindigkeit ergiebt sich aus $\omega = \omega_1 \sin \varrho t$, (§ 14) also $\frac{d\omega}{dt} = \omega_1 \varrho \cos \varrho t$ für $\varrho t = 0$, wobei $\varrho = \frac{2\pi}{T}$; dieselbe ist demnach $\omega_1 \frac{2\pi}{T}$ und wird aus der mittleren Geschwindigkeit durch Multiplikation der letzteren mit $\frac{\pi}{2}$ oder $\frac{11}{7}$ gefunden, das ist 0,126 oder ungefähr 1/8 Centimeter. Da die Cartons am Hebelarm 10 sich befanden, so bewegten sich ihre Mittelpunkte mit der Geschwindigkeit von höchstens 1 1/4 Centimeter.

Hienach ist einstweilen die Giltgkeitsgränze des Resultates von § 21 zu bemessen.

Beispielsweise wird, wenn

$v < 1/4$ Centim.,	W	=	0,000 002 8 F. v
$v = 1/4$ „	„		29 „
$v = 1/2$ „	„		31 „
$v = 3/4$ „	„		34 „
$v = 1$ „	„		39 „

§ 23. Die Ergebnisse des Vorigen lassen sich schliesslich in folgender Weise zusammenfassen:

1. Aus der kritischen Beleuchtung der Abhandlung von Cornu und Baille zogen wir im § 4 und 5 das Resultat, dass

für die kleinen Geschwindigkeiten in ihrer Drehwage der Gesammtwiderstand der zwei Cylinder (Luftwiderstand im engeren Sinne und Luftreibung) 2 bis 3 Milliontel Gramme betrug pro 1 Quadratcentimeter Fläche (F) und 1 Centimeter Geschwindigkeit (v). Die faktische Geschwindigkeit betrug aber im höchsten Falle nicht einmal $^1/_{200}$ Centimeter. Dabei ist das Gesetz

$$W = n . F . v.$$

supponiert.

Ueber die von beiden Autoren mit dem Quadrate der Amplitude erweiterte Differentialgleichung ist im § 11 und 17 die Rede gewesen.

2. Wir fanden für den Luftwiderstand zweier Cartonflächen, deren Grössen wir in den Verhältnissen 1 zu 4 zu 9 abänderten, bei den kleineren Geschwindigkeiten, oder 'wenn die logarithmischen Dekremente nahezu konstant waren, für $W = n\ F . v$ unter Zugrundlegung der nämlichen Einheiten Gramm, Centimeter, Sekunde

$$n = 0{,}000003 \text{ angenähert.}$$

S. die §§ 6, 7, 8, 10.

3. Wir verglichen diese Constante des Luftwiderstandes im engsten Sinne des Wortes mit derjenigen der Luftreibung nach dem konventionellen und noch beide nach dem absoluten Masssystem, s. § 9.

4. Wenn dagegen die logarithmischen Dekremente nicht mehr konstant waren, sondern merklich abnahmen, so versuchten wir, nachdem die Ersetzung des Sinus der Amplitude durch diese selbst als statthaft sich erwiesen hatte (§ 13), das Widerstandsgesetz

$$W = F . (av + bv^2),$$

s. § 14, 15, 16,

5. mussten aber dieses durch dasjenige

$$W = F.(nv + n'v^2)$$

ersetzen, im § 18, 19, 20, 21, wobei n den in Nro. 2 angegebenen Wert hat und n' ungefähr $\frac{1}{3}$ von n ist.

6. Die nach dem Pendelgesetze variable Geschwindigkeit betrug bei unsern Versuchen höchstens 1 ¼ Centimeter, s. § 22. —

Weiteres hierüber behalten wir uns, wenn die Umstände günstig sind, vor.

Herr v. Pettenkofer trägt vor:

„Ueber die Bewegung der Luft in den Sielen von München.“ Von Dr. von Rozsahegyi.

In vielen Orten, welche kanalisirt sind, ist in neuerer Zeit, und namentlich in England die Frage aufgeworfen worden, ob die Luft in den unterirdischen Sielen nicht Trägerin von Infektionsstoffen, und namentlich von solchen sein könnte, deren Sitz man in den menschlichen Excrementen vermuthet. Man hat z. B. keinen Anstand genommen, die Epidemie von Abdominaltyphus, welche im Jahre 1875 die Stadt Croydon heimsuchte, von den Kanalgasen abzuleiten, welche in die Häuser gedrungen wären, und weil die höher gelegenen Stadttheile von Croydon viel mehr als die tiefer liegenden zu leiden hatten, stellte man die fernere Behauptung auf, die Kanalgase hätten das Bestreben, sich von unten nach oben zu ziehen und zu conzentrieren. Diese Fragen sind von grosser praktischer Tragweite und scheint es mir Pflicht der experimentellen Hygiene zu sein, näher darauf einzugehen. Ich veranlasste im Laufe des vorigen Sommers Herrn Dr. v. Rozsahegyi aus Budapest, welcher im Laboratorium des hygienischen Institutes arbeitete, zunächst einmal an den Münchener Sielen, welche seit 1868 von Hrn. Baurath Zenetti ausgeführt worden sind, Beobachtungen über den Zug der Luft in denselben anzustellen, ob diese wirklich ein Bestreben zeigt, aus den

Kanälen tiefer liegender Stadttheile nach denen höher liegenden sich zu verbreiten.

Dr. Rozsahegyi untersuchte die Richtung und Geschwindigkeit der Luft in den Sielen der Ludwigs- und Maxvorstadt und im neuen Schlachthauskanale auf verschiedene Weise. Zunächst untersuchte er mit Rauch, welchen er theils durch eine Mischung von Ammoniak- und Salzsäure-Dämpfen, theils durch Verbrennen einer mit Benzoeharz getränkten Cigarrenlunte entwickelte, die Richtung des Luftzuges in verschiedenen Sielstrecken und an verschiedenen Oeffnungen, welche von den Sielen nach den Strassen und Häusern führen; dann prüfte er mittels eines Recknagel'schen statischen Anemometers die Stärke des Luftzuges, und endlich entwickelte er im obersten, mittleren und untersten Theile des Sielnetzes an einzelnen Stellen grössere Mengen von Schwefelwasserstoff, und beobachtete mittels bleigetränkter und mit Glycerinlösung befeuchteter Papierstreifen, wie weit und binnen welcher Zeit sich Schwefelwasserstoff in den Kanälen aufwärts und abwärts zog.

Dr. Rozsahegyi hat diese Untersuchungen mit Umsicht durchgeführt, und ist zu folgenden Schlusssätzen gelangt:

1) Die Bewegung der Luft in den Münchener Sielen ist weit mehr nach abwärts als nach aufwärts gerichtet, d. h. sie folgt hauptsächlich dem Gefälle der Siele. Der Luftzug im unteren (tiefer liegenden) Abschnitte des Sielsystems ist stärker, als in den oberen (höher liegenden) Abschnitten.

2) Die herrschende Windrichtung im Freien hat keinen merklichen Einfluss auf Richtung und Geschwindigkeit des Luftzuges in den Sielen.

3) Die Temperatur der Sielluft war durchschnittlich 3.2 bis 5.6° C. niedriger, als die Temperatur im Freien. Auch aus dieser Temperaturdifferenz sind die beobachteten Luftbewegungen in den Sielen und ihren verschiedenen Mündungen nicht zu erklären.

4) Aufsteigender, dem Gefälle der Siele entgegengesetzter Luftzug kommt zwar vor, aber sehr selten und auf sehr kurze Strecken beschränkt.

5) Wo Haus- und Strassenentwässerungen einmünden, geht Luft aus den Sielen durch diese Einmündungen öfter hinaus, als herein, und ist auch diese partielle Bewegung nicht von der im Freien herrschenden Windrichtung abhängig. Das Hinaus- und Hereinziehen der Luft an solchen Stellen ist kein konstantes, sondern es wechselt.

6) Durch solche, sich nahe liegende Mündungen von Hausentwässerungen kann ein Austausch der Luft von einem Hause oder Hofe nach dem anderen hin stattfinden, soweit die Hausleitungen nicht mit richtig funktionirenden Wassersperren oder Syphons versehen sind.

7) Der ganz vorwaltend nach abwärts gehende, dem Gefälle der Kanäle folgende Luftzug scheint lediglich durch den Strom des in gleicher Richtung fliessenden Kanal- oder Sielwassers verursacht zu sein.

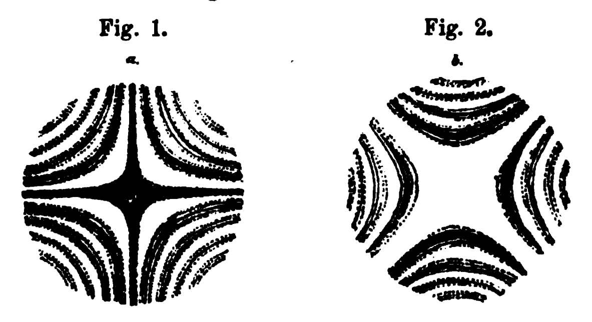
Die Beobachtungen sind im Winter, wenn die Temperatur in den Sielen höher als im Freien ist, zu wiederholen.

Die genauere Beschreibung der Versuche wird demnächst in der Zeitschrift für Biologie erscheinen.

Der Classensecretär v. Kobell spricht:

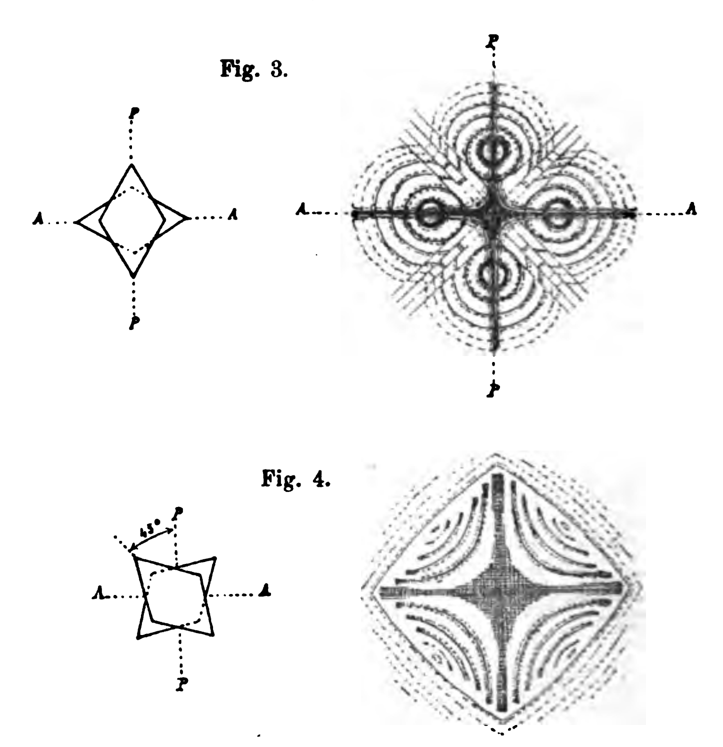
„Ueber Polarisationsbilder an Zwillingen zweiaxiger Krystalle."

Wenn man zwei Spaltungsblätter von Gyps mit den gleichen Seiten aufeinander legt und ein Blatt gegen das andere an der Bruchfläche um 180° wendet, so ist im Nörremberg'schen Polarisationsapparat bei geeigneter Stellung des Trägers eine eigenthümliche Figur, Fig. 1, zu beobachten, bestehend in einem schwarzen Kreuz mit farbigen Curven zwischen den Kreuzarmen, welche ihre concaven Seiten nach Aussen gekehrt haben und nicht nach Innen,



wie es bei den Ringen des Polarisationsbildes am Calcit und ähnlichen einaxigen Krystallen durch die basischen Flächen der Fall ist. Beim Drehen des Blattes in der Ebene ändert sich das Kreuz wie in Fig. 2 und zeigt sich in der Mitte der Figur ein farbiger Stern. Bei dieser Combination bilden die Faserflächen der beiden Individuen einen Winkel von 130° und die optischen Axenebenen kreuzen sich unter 100°.

Eine ähnliche Interferrenzfigur erhält man auch, wenn man zwei rhombische Blätter von Muskowit so aufeinander legt, dass ihre Axenebenen sich rechtwinklich kreuzen und dieses System dann in der Ebene um 45⁰ dreht. Fig. 3. Fig. 4. Groth hat in seiner physikalischen Krystallographie p. 113 eine Abbildung davon gegeben.



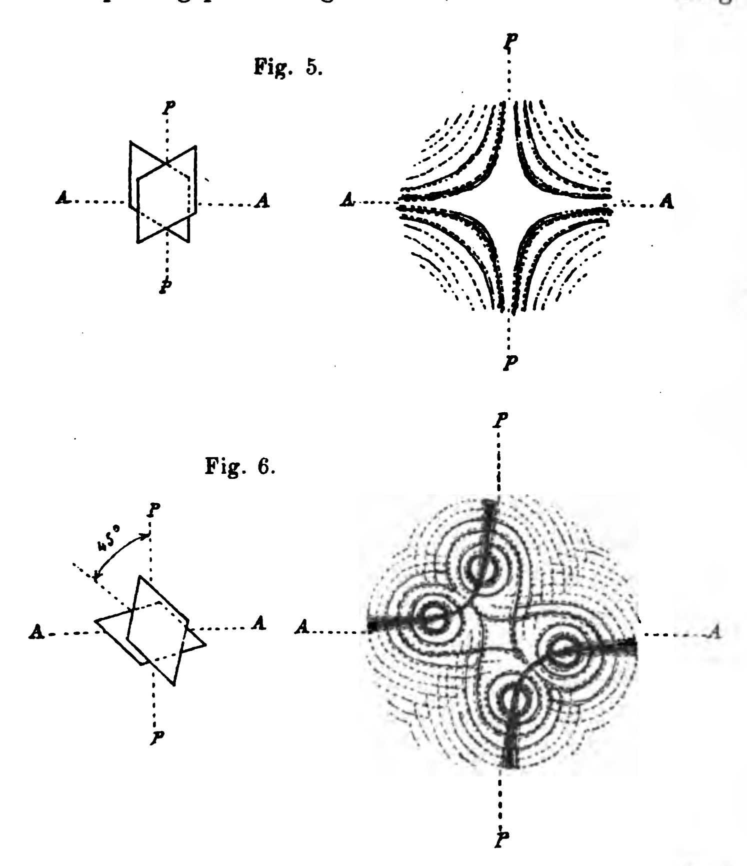
Diese durch die erwähnten Combinationen künstlich hervorgebrachten Erscheinungen habe ich auch unmittelbar an den gewöhnlichen Zwillingen des Disthen von St. Gotthard durch die Flächen der vollkommenen Spaltung beobachtet. Das Stauroskop bestimmt den Winkel, welchen die Axenebene am Disthen mit der Prismenkante bildet, zu nahe

29°, im Zwilling, welcher das Polarisationsbild giebt, schneiden sich also die Axenebenen unter 58°.

Von den Muskowiten, deren ich viele untersuchte, ist mir keine Spaltungsplatte vorgekommen, welche einem Zwilling

Fig. 5.

Fig. 6.



mit rechtwinklich gekreuzten Axenebenen entsprochen hätte, dagegen erkannte ich an einer Blätterschichte eines Muskowit von Portland in Conecticut einen Zwilling, wo sich die Axenebenen der Individuen unter 60° und 120° kreuzen, daher die Zwillingsebene die Prismenfläche ist. Fig. 5 u. Fig. 6.

Wenn die Ringe bei dünnen Blättern grösser werden, so sind sie nicht vollständig sichtbar, sondern nur Theile derselben, welche ihre Concavseite nach Aussen liegen haben und so die Fig. 1 bilden.

Man kann auch durch Kreuzung zweier Muskowitblätter um 60° u. 120° die Fig. 6 hervorbringen, die Bilder variren natürlich je nach der Dicke der verbundenen Blätter.

Einen ähnlichen Zwilling des Muskowit von Presburg haben Kenngott und Grailich beschrieben (Sitzungsberichte der mathem. naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie. 1851. B. VI. u. 1853. B. XI.) und Grailich erwähnt einen solchen von Pojanska im wallachisch-illirischen Gränzdistrikt. — Hemitropien, wo die Zusammensetzungsfläche die Fläche des Prisma's von 120° und 60° und die Ebenen der optischen Axen unter 60° gegeneinander geneigt sind, kommen nicht selten vor und sind von Grailich dafür als Fundorte angegeben: Zinnwald und Schlaggenwald, Presburg, Zwiesel, Arendal, Mursucka, Jamaica, Brasilien; Zwillinge aber, wo die Individuen in der bezeichneten um 180° gewendeten Lage sich decken, sind selten und nur diese zeigen das Polarisationsbild mit den vier Ringsystemen. Aehnlich ist es beim Gyps mit natürlichen Zwillingen, an welchen zwei ausgebildete Individuen um 180° gegen einander gewendet sind; sie kommen selten in den Schwefelgruben von Girgenti vor, während Hemitropieen, deren Theile nicht übereinander, sondern nebeneinander liegen, häufig vorkommen. —

Die hier beigegebenen Figuren hat Herr Professor K. Haushofer anzufertigen die Güte gehabt. —

Sitzung vom 5. Februar 1881.

Herr v. Pettenkofer legt vor und bespricht die Abhandlung:

„Ueber den Nachweis und die Giftigkeit des Kohlenoxydes und sein Vorkommen in Wohnräumen." Von Dr. Max Gruber.

Seit der Entdeckung von H. St. Claire Deville und Troost, dass glühende Metalle für Gase durchgängig sind, dass speciell glühendes Eisen für Kohlenoxyd permeabel sei, wurde das Augenmerk der Hygieniker in erhöhtem Masse auf dieses Gas gelenkt. Man hat aus der Beobachtung der beiden französischen Forscher weitgehende Schlüsse auf die Gesundheitsschädlichkeit der Heizung mit eisernen Oefen und, was wichtiger ist, der Luftheizungssysteme mit eisernen Calorifèren gezogen. In zahlreichen Fällen will man bereits den Nachweis des Kohlenoxydes in der Luft derartig geheizter Räume geführt haben und schreibt schon minimalen Mengen des Gases in der Athemluft eine hohe gesundheitsschädliche Wirkung zu. Es war daher eine eingehende Untersuchung dieses Gegenstandes geboten.

Die Methoden, die zum Nachweis des Kohlenoxydes bisher angewendet wurden, haben grösstentheils nur geringen Wert, worauf schon wiederholt, unter andern auch von

G. Wolffhügel[1]), hingewiesen wurde. Wenn man von Kohlensäure befreite Luft über glühendes Kupferoxyd leitet und hierbei Neubildung von Kohlensäure beobachtet, so ist man nur berechtigt auf Anwesenheit oxydirbarer Kohlenstoffverbindungen überhaupt zu schliessen, nicht aber auf Anwesenheit von Kohlenoxyd speciell. Sind grössere Mengen solcher oxydirbarer Stoffe in einer Luft enthalten, dann kann man sie wol mit Recht als schlecht bezeichnen, wenn aber, wie gewöhnlich, nur geringe Mengen nachweisbar sind, dann wird es eine wesentlich andere Bedeutung haben, ob diese Mengen Kohlenoxyd oder ob sie Kohlenwasserstoffe sind und gerade darüber gibt die Verbrennung keinen Aufschluss. Ebenso wenig ist die directe Anwendung von Palladiumchlorürlösung zur Prüfung der Luft auf Kohlenoxyd statthaft. Gelingt es auch Ammoniak, Schwefelwasserstoff und einen Theil der schweren Kohlenwasserstoffe vor dem Eintritt des Gases in die Palladiumlösung zu entfernen, so können doch andere reducirende Stoffe, wie z. B. Sumpfgas, nicht abgehalten werden und können bei den beträchtlichen Luftmengen, die in Untersuchung genommen werden müssen, Reduction von Palladium bewirken und so einen Kohlenoxydgehalt vortäuschen.

Zum sicheren Nachweis des Kohlenoxydes darf man nicht eine Gruppenreaction sondern nur eine dieses Gas speciell characterisirende anwenden. Eine solche ist das Verhalten desselben zu Blut, die Bildung und die Eigenschaften des Kohlenoxydhämoglobin. In den letzten Jahren wurden mehrere Versuche gemacht, sie zur Luftuntersuchung zu verwerthen.

Eine sehr bequeme und bei positivem Ergebnisse durchaus zuverlässige Methode wurde von H. W. Vogel[2]) an-

---

1) Zeit. f. Biol. 14. Bd. S. 506.

2) Ber. d. d. chem. Ges. X. Bd. S. 794, XI. Bd. S. 235.

gegeben und von Wolffhügel[1]) adoptirt. Man schüttelt 100 cc der Untersuchungsluft mit einigen Cub.-Cent. sehr verdünnter Blutlösung. Noch bei Gegenwart von 0,25 % Kohlenoxyd sind im Spectralapparate die charakteristischen Absorptionsstreifen des Kohlenoxydhämoglobins wahrnehmbar. Bei weiterer Verdünnung sind diese Streifen nicht mehr zu sehen und Vogel und Wolffhügel hielten sich darnach zu dem Schlusse berechtigt, dass bei 0,25 % die Grenze des Partiardruckes liege, unterhalb welcher die Bildung des nach den Versuchen von Donders[2]) und Zuntz[2]) sich dissociirenden Kohlenoxydhämoglobins nicht mehr möglich, hiermit also auch die Grenze der Schädlichkeit erreicht sei.

Hempel[3]) gab bald darauf an, dass man bei Verwendung grösserer Luftmengen noch 0,1 % nach Vogel nachzuweisen vermöge und schlägt vor zur Absorption des Gases nicht Blutlösung sondern lebende Thiere (Mäuse) zu verwenden. Es soll möglich sein bei diesem Verfahren noch 0,05 % Kohlenoxyd zu entdecken. Zugleich beobachtete Hempel bei seinen Versuchsthieren auch noch bei Einathmung einer Luft mit weniger als 0,1 % Kohlenoxyd beträchtliche Vergiftungserscheinungen.

Vor Kurzem hat endlich v. Fodor[4]) ein etwas umständlicheres Verfahren angegeben, bei dem noch viel geringere Mengen Kohlenoxyd gefunden werden können. Nach seiner Angabe schüttelt man 10—20 Liter Luft mit mässig verdünntem Blute 15—20 Minuten lang und erhitzt das Blut in einem Kölbchen zum Sieden, während durch dasselbe Luft gesaugt wird, die vorher schon Palladiumchlorürlösung passirte und nach der Blutlösung durch Bleizucker-

1) A. a. O.
2) Pflüger's Arch. V. Bd. S. 20 u. S. 584.
3) Zeit. f. analyt. Chem. 18. Bd. S. 399.
4) Deutsche Viertelj. f. ö. Ges. 12. Bd. 3. Hft.

lösung, verdünnte Schwefelsäure und endlich abermals Palladiumchlorürlösung durchstreicht.

Ich habe diese Methoden nachgeprüft. Bei Anwendung grösserer Luftmengen ist es allerdings möglich, wie Hempel angibt, auch geringere Mengen Kohlenoxyd nach Vogel's Methode nachzuweisen Doch wird der Nachweis bald unsicher, da man zur Beseitigung des Absorptionsstreifens des reducirten Hämoglobin das Blut ausserordentlich verdünnen muss. 0,1 % ist nicht mehr mit Sicherheit zu erkennen. Hempel's Verfahren gab mir aus demselben Grunde kein besseres Resultat. Ich war ebensowenig wie v. Fodor im Stande, bei geringeren Mengen als 0,1 % Kohlenoxyd im Blute der Thiere zu entdecken, obwol ich eine ziemliche Uebung in der Beobachtung hatte. Dagegen gibt Fodor's Verfahren vortreffliche Resultate, falls gewisse Vorsichten beachtet werden. Das Blut muss sogleich, nachdem es aus dem Ballon entfernt ist, rasch zum Sieden erhitzt und das Durchsaugen von Luft 3—4 Stunden lang fortgesetzt werden. Man kann dann nach dieser Methode noch 1:20,000 Theile Kohlenoxyd oder 0,005 % mit aller Sicherheit nachweisen. Normales Blut gibt keine Spur von Reduction und auch die Kohlenwasserstoffe sind in den Verdünnungen, wie sie in der Luft von Wohnräumen vorkommen, ohne Einfluss auf das Resultat, wovon ich mich durch Versuche mit kohlenoxydfreiem Leuchtgase überzeugte.

Wie aus den Ergebnissen nach Fodor's Methode zugleich hervorgeht, ist der Schluss von Vogel und Wolffhügel nicht zutreffend. Das Unsichtbarwerden der Kohlenoxydhämoglobinstreifen beruht nicht auf der Abwesenheit dieser Verbindung, da ja auf ihrer Bildung die Möglichkeit des Nachweises eines 50mal verdünnteren Kohlenoxydgases nach Fodor's Verfahren beruht. Es kann daher auch 0,25 % nicht die Grenze der Schädlichkeit sein, wenn man auch nicht

mit Fodor dem Gase eine ganz unbegrenzte Giftigkeit zuschreiben wird.

Zu demselben Resultate haben mich Vergiftungsversuche an Thieren geführt, die ich schon vor dem Erscheinen von Fodor's Arbeit begonnen hatte. Es lagen nämlich bisher nur Versuche mit concentrirterem Kohlenoxyde bis zu 1 % herab vor, gerade die Wirkungen verdünnteren Gases aber sind vom hygienischen Standpuncte aus wichtig, und der Mangel einschlägiger Versuche gab eben der Phantasie eines Jeden freien Spielraum, die Grenze der Schädlichkeit nach Belieben hinauszuschieben.

Um entscheidende Resultate zu erzielen, mussten die Thiere längere Zeit hindurch das Gasgemische von bestimmtem Kohlenoxydgehalte athmen und im Uebrigen unter möglichst normalen Verhältnissen leben. Es musste daher auch soviel Luft zugeführt werden, dass keine Anhäufung von Kohlensäure und anderen gas- und dampfförmigen Ausscheidungen in der Athemluft stattfinden konnte. Da es unmöglich war, die hierzu erforderlichen grossen Luftmengen vor dem Versuche mit Kohlenoxyd in der gewünschten Menge zu mischen, so musste eine Vorrichtung getroffen werden, die Gase während des Versuchs mit ausreichender Genauigkeit und Gleichmässigkeit zu mischen und den Concentrationsgrad zu ermitteln. Diesen Bedingungen genügte der folgende Apparat, der auf Anwendung der Gasuhr basirt, die sich zu toxicologischen Untersuchungen mit Gasen vortrefflich eignet.

Die Thiere (Kaninchen und Hühner) wurden in den Kasten des kleinen Pettenkofer'schen Respirationsapparates gesetzt, mit Futter versorgt, die Fugen an der Thüre des Kastens mit Klebwachs verschlossen, so dass die Luft nur durch das Zufuhrsrohr eintreten konnte und der Kasten durch reichliche Luftmengen ventilirt.

In das Zufuhrsrohr wurde auf $^{2}/_{3}$ der Länge das Gasleitungsrohr eingesenkt, durch welches aus einem Glas-

gasometer das unverdünnte oder schon vorgängig mit Luft gemischte Kohlenoxydgas zugeleitet wurde. Dieses wurde aus dem Gasometer durch Wasser verdrängt, das mit constanter Geschwindigkeit entweder aus einem zur Mariotteschen Flasche adaptirten grossen Gasometer oder aus einer grossen zweihalsigen Woulff'schen Flasche zufloss, in welcher das Niveau durch auswechselbare Berzelius-Flaschen in constanter Höhe erhalten wurde. Letztere Vorrichtung diente dazu, während des Versuches durch Wägung der Berzelius-Flaschen die Gleichmässigkeit der Kohlenoxydzufuhr constatiren zu können und insbesondere um vor Einbringen des Thieres durch Regelung des Zuflusses den gewünschten Procentgehalt der Athemluft herzustellen und zu ermitteln. Das Gas im Gasometer stand unter Atmosphärendruck und war nur durch eine wenige Millimeter hohe Wasserschicht von Aussen abgeschlossen. Am Schlusse des Versuchs wurde das Gasometer gewogen und aus der Differenz vom Anfangsgewichte unter Berücksichtigung der Temperatur das verwendete Kohlenoxyd berechnet. Aus den Angaben der Gasuhr ergab sich die Gesammtventilation und aus dem Verhältnisse beider der Procentgehalt der Athemluft an Kohlenoxyd. Wie aus der Uebereinstimmung der Vergiftungserscheinungen bei gleicher Concentration und aus der Controle durch die Berzelius-Flaschen sich ergab, geschah die Mischung sehr gleichmässig. Schwankungen im Kohlenoxydgehalte konnte der Wechsel der Temperatur bedingen, doch waren ihre Schwankungen nicht gross und ihr Einfluss wurde dadurch wesentlich vermindert, dass die Ventilation sehr bedeutend war (durchschnittlich 350 Liter per Stunde) und desshalb die Veränderung der Dichtigkeit des Gases in dem ca. 20 Liter haltenden Gasometer nicht in Betracht kam.

Ausser den Versuchen an Kaninchen und Hühnern, die in diesem Apparate angestellt wurden, führte ich auch zahlreiche Versuche an weissen Mäusen aus. Hierzu stellte ich

die Gasgemische schon vor dem Versuche her und benützte den von Hempel angegebenen handlichen Apparat aus zwei mit ihren weiten Mündungen durch ein Kautschukband zusammengehaltenen Trichtern. Die Resultate waren im Ganzen übereinstimmend mit denen bei grösseren Thieren, doch ist die Wirkung geringerer Giftmengen auf so kleine Thiere natürlich schlecht zu beurtheilen. Ich verwendete bei meinen Versuchen Concentrationen des Kohlenoxydes von 0,02 %—0,5 %. Die Dauer der Versuche schwankte bei den verdünnteren Gemischen von 10 Stunden bis 3½ Tagen. Ohne auf die Details der Einzelversuche hier näher einzugehen, werde ich nur kurz die Krankheitserscheinungen und ihre graduelle Steigerung zu skizziren versuchen.

Schon bei einem Gehalte der Athemluft von circa 0,06—0,07 % ist eine Veränderung im Verhalten des Thieres wahrnehmbar. Längstens eine halbe Stunde nach Beginn der Einathmung werden die Athemzüge flach und sehr zahlreich, ohne dass Dyspnoe vorhanden wäre. Die Thiere verhalten sich aber möglichst ruhig, da jede Bewegung eine lebhafte weitere Beschleunigung der Respiration bedingt. Bei gleichbleibender Concentration ist aber auch bei tagelanger Einwirkung ein weiteres Symptom von Erkrankung nicht wahrzunehmen. Bei Steigerung des Kohlenoxydgehaltes bis 0,1 % etwa treten keine anderen Veränderungen ein, als dass das Athmen sehr rasch erfolgt und erschwert ist, der Mund ist geöffnet, die Nasenflügel bewegen sich mit, oft wird der ganze Leib mitbewegt. Die Thiere fressen nicht oder wenig, und sitzen meist flach mit weit ausgestreckten Vorderbeinen da. Erst bei einem Gehalte von 0,15 % etwa zeigen sich weitere Krankheitserscheinungen. Die peripheren Gefässe sind stark erweitert, daher die Ohren und anderen unbehaarten Theile stark geröthet. Zu den starken Athembeschwerden gesellt sich Unsicherheit und Schwäche der Bewegungen. Das Thier schwankt,

wenn es sich aufrichtet oder geht, insbesondere die Hinterbeine gehorchen den Willensimpulsen nur mangelhaft. Es vermag den Kopf nicht mehr aufrecht zu halten, hält nur mühsam das Gleichgewicht und sinkt öfter auf die Seite. Es gleitet leicht aus und vermag die weitabgerutschten Beine erst nach einiger Zeit wieder anzuziehen. Ein Huhn zeigte bei diesem Procentgehalte der Luft merkwürdige Stellungen des Kopfes, die nur aus Schwindelgefühl erklärbar schienen und lebhaft an die Stellungen von Hühnern mit zerstörten Bogengängen erinnerten. Auch diese Erscheinungen steigern sich nicht weiter auch bei 9—10 Stunden langer Einwirkung des Gasgemisches. Steigt der Gehalt des Kohlenoxydes noch höher, so vermögen die Thiere nicht mehr sich aufrecht zu halten. Sie sinken bald auf die Seite; an die Wand des Kastens gelehnt verharren sie oft stundenlang in den unbequemsten Stellungen in tiefer Betäubung. Sie reagiren nicht auf Anklopfen oder Geräusche, die Respiration ist mühsam, die Zahl der Athemzüge noch immer hoch, aber weit geringer als bei verdünnterem Kohlenoxyde und tiefer. Doch können in diesem Stadium die Respirationsstörungen sehr hinter die Erscheinungen der Betäubung zurücktreten. Von Zeit zu Zeit erwachen sie etwas, machen ungeschickte Versuche, sich aufzurichten. Die Bewegungen sind mangelhaft coordinirt. Ist es nach vielen Schwankungen in aufrechte Stellung gelangt, so stürzt es bald wieder auf die Seite oder sinkt mit weitgestreckten Beinen auf den Bauch nieder, um sich nach langer Pause wieder aufzuraffen. Je höher der Kohlenoxydgehalt ist, um so heftiger werden die zeitweise wiederkehrenden Versuche sich aufzurichten und nehmen einen krampfartigen Charakter an. Aber auch diesen Zustand vermögen die Thiere noch lange zu ertragen. Ich liess Kaninchen eine Luft mit 0,2 % bis zu 12 Stunden, eine solche mit 0,28 % acht Stunden lang, eine mit 0,35 % und 0,36 % je 3 Stunden einathmen, ohne dass die Thiere

zu Grunde gingen; obwol bei den zwei letzten Concentrationen bei Schluss des Versuches die Zahl der Athemzüge bereits bedenklich gesunken war. Steigt aber der Kohlenoxydgehalt auf 0,4 und 0,5 %, dann verläuft die Vergiftung sehr rapid. Die Respiration wird nach wenigen Minuten stürmisch, die Thiere stürzen bald zusammen, liegen kurze Zeit regungslos, um bald darauf einige wilde Sätze zu machen, bei denen es zweifelhaft ist, ob man noch willkürliche Bewegungen oder clonische Krämpfe vor sich hat. Doch schienen sie mir stets mit der Absicht ausgeführt, die aufrechte Stellung zu erlangen. Sehr bald werden die Athemzüge seltener, 60, 40, 10, 8, 6 in der Minute, und stehen entweder plötzlich still, ohne dass eine weitere Veränderung am Thiere wahrnehmbar wäre, oder das Thier stösst kurz vor dem Tode ein oder zwei gellende Schreie aus und wird vom Opisthotonus ergriffen, der aber nie sehr hochgradig ist.

Aus diesen Versuchen ergibt sich also, dass schon überraschend geringe Mengen des untersuchten Gases giftige oder schädliche Wirkungen bedingen. Es zeigt sich aber das Auffallende, dass trotz fortdauernder Zufuhr neuer Dosen des Giftes bei gleichbleibender Concentration eine Steigerung der Giftwirkung doch nur in sehr beschränktem Masse stattfindet. In kurzer Zeit, längstens in einer Stunde, sind die Symptome zu einer gewissen Höhe entwickelt, um dann auf dieser tage- oder stundenlang annähernd gleich zu bleiben, so dass innerhalb gewisser Grenzen jeder Concentration ein bestimmter Grad der Vergiftung entspricht. Dass die Höhe der Vergiftung in der That von der Concentration und nicht von der Dauer der Einwirkung des Gases abhängt, zeigen besonders deutlich Versuche, die ich öfter wiederholte, bei denen, nach Ausbildung der Symptome, von einem höheren Kohlenoxydgehalte auf einen niedrigeren herabgegangen wurde. Trotz continuirlicher Zufuhr des Giftes nahmen die Vergiftungserscheinungen doch bedeutend ab

und die Thiere erholten sich bis zu einem gewissen Grade oder auch völlig, wenn der Kohlenoxydgehalt niedrig genug war. Es ist also unmöglich anzunehmen, wie diess Fodor gethan hat, dass im Organismus eine continuirliche Anhäufung des Kohlenoxydes stattfinde. Im Gegentheile muss der Organismus Mittel haben, das Gas unschädlich zu machen. In Uebereinstimmung hiermit steht auch, dass das Kohlenoxyd bei und unter 0,05 % nicht die geringste wahrnehmbare Wirkung hervorbringt. So hatte insbesondere ein 72stündiger Versuch mit einem trächtigen Kaninchen mit ca. 0,05 % Kohlenoxyd ein völlig negatives Resultat. Das lebhafte Thier blieb fortwährend frisch und munter und zeigte einen höchst gesunden Appetit. Um aber völlig sicherzustellen, dass es einen messbaren Grad der Verdünnung gebe, unterhalb dessen jede Schädlichkeit des Gases erlischt, stellte ich auch zwei Versuche an mir selbst an.

Die Mischung der Luft mit dem Kohlenoxyde geschah in derselben Weise wie bei den Thierversuchen im kleinen Respirationsapparate. Das aus der Gasuhr abströmende Gasgemische gelangte zunächst in ein genau äquilibrirtes Gasometer, das als Reservoir diente, und konnte von da durch den einen Schenkel eines T-rohres und ein wenige Millimeter hohes Wasserventil ins Freie entweichen. Der zweite Schenkel des T-rohres führte zu einem Müller'schen Ventil, das wieder mit dem einen Schenkel eines Mundstückes verbunden war, das zwischen Lippen und Kiefer eingeführt werden konnte und die Ausathmung durch ein zweites Müller'sches Ventil gestattete, während die Nase durch eine Klemme geschlossen wurde. Der Wasserabschluss im Müller'schen Einathmungsventil war etwas höher als bei dem für den Abfluss des continuirlichen Luftstromes bestimmten, so dass, während dieser ohne Unterbrechung abfloss, der Luftbedarf durch jenes in die Lungen geschöpft werden konnte. Zwischen Gasuhr und Gasometer war noch eine Zweig-

leitung angebracht, durch die eine Luftprobe zur Untersuchung nach Fodor abgesaugt werden konnte.

Mittelst dieses Apparates athmete ich an zwei aufeinanderfolgenden Tagen je 3 Stunden lang einmal Luft mit 0,021 %, das andere Mal Luft mit 0,024 % Kohlenoxyd ein. Obwol in den Luftproben das Gas deutlich nachweisbar war, also jedenfalls auch in meinem Blute nach Fodor's Methode nachweisbar gewesen wäre, verspürte ich doch nicht die geringste schädliche Wirkung. Als erste Symptome werden von Selbstbeobachtern, z. B. von Klebs, Hitzegefühl in den Wangen, Druck in den Schläfen, Rauschen in den Ohren, Schwindel angegeben. Nichts von alledem konnte ich wahrnehmen, obwol ich ziemlich reizbar bin. Ich las während der ganzen Versuchsdauer und hatte keine andere unangenehme Empfindung als vom Druck der Nasenklemme und von der Trockenheit des Gaumens in Folge mangelhafter Einspeichelung.

War auch die Dauer der Versuche kurz, so scheinen sie mir doch für die Unschädlichkeit des so verdünnten Gases beweisend. Nach Massgabe der Thierversuche hätten sich in dieser Zeit bereits Symptome einstellen müssen, ja, wenn im Körper wirklich eine beträchtliche Anhäufung des Kohlenoxydes stattfände, dann hätte man eine arge Vergiftung erwarten müssen, wenn man bedenkt, dass die Blutmasse eines Erwachsenen etwa 1 Liter Sauerstoff resp. Kohlenoxyd zu binden vermag und in den drei Versuchsstunden mehr als 300 ccm Kohlenoxyd in meine Lungen gelangten.

Die Grenze der Schädlichkeit des Kohlenoxydgases liegt also wahrscheinlich bei einer Verdünnung von 0,05, sicher aber von 0,02 %. [1]) Von einer beträchtlichen Anhäufung

---

1) In neuerer Zeit sind mehrere Beobachtungen veröffentlicht worden, wornach dem Kohlenoxyde eine noch grössere Giftigkeit zukommen

des Gases im Organismus kann keine Rede sein, und es fragt sich daher, auf welche Weise sich der Körper desselben entledigt. Es liegen diessbezüglich zwei Möglichkeiten vor; die Dissociation des Kohlenoxydhämoglobins und das Abdunsten des Gases entsprechend dem Partiardrucke desselben in der Aussenluft oder die Oxydation desselben zu Kohlensäure.

Da über diese Puncte lange Zeit Streit geführt wurde und die Meinungen darüber noch getheilt sind, prüfte ich in beiden Richtungen. Insbesondere schien gegen die Dissociation die Ausführbarkeit von Fodor's Verfahren zu sprechen, durch welches so minimale Mengen nachweisbar sind. Andererseits sprach die Proportionalität zwischen Concentration und Stärke der Vergiftung sehr für dieselbe, da es bei Annahme einer so lebhaften Oxydation schwer

---

würde. So führen Biefel und Poleck (Zeit. f. Biol. 16. Bd. S. 322) in ihren so sorgfältigen und mühsamen Untersuchungen ein Experiment an einem Kaninchen an, das Taumelbewegung und Sopor zeigte, während in der Athemluft 0,04 % CO nachgewiesen wurden. Diese heftigen Erscheinungen erfolgten aber um 12^h, während die Luftprobe um 5^h entnommen wurde und die Vergiftungserscheinungen zu dieser Zeit schon nachgelassen hatten.

Fodor hat (a. a. O.) eine Reihe von Vergiftungsversuchen, die in einem dem meinen ähnlichen Apparate angestellt wurden, publicirt. Darnach sollen Kaninchen schon bei 0,023 % Tetanus bekommen haben. Eine Durchsicht der Versuchstabelle führt aber zur Ueberzeugung, dass F.'s Apparat nicht genau functionirt haben kann; denn in anderen Fällen sind wieder die Symptome bei 0,2 % ja bei 0,4 % bei vierstündiger Einwirkung sehr unbedeutend, bei welch letzterer Concentration nach meinen Versuchen in einer Stunde unfehlbar der Tod eintritt. Individuelle Verschiedenheiten sind bei diesem Gifte sehr unwahrscheinlich und sind mir nicht vorgekommen.

Endlich will Hempel (a. a. O.) bei Mäusen hochgradige Giftwirkungen bei 0,06 und 0,07 % beobachtet haben. Ich habe bei etlichen 20 Versuchen an weissen Mäusen nichts Derartiges gesehen. Die Thiere athmeten nur angestrengt und waren ruhig, vielleicht etwas betäubt.

verständlich wäre, warum schon so geringe Gasmengen so schädlich wirken.

Ich habe die Versuche von Eulenburg, Donders und Zuntz wiederholt und es kann gar kein Zweifel darüber bestehen, dass das Kohlenoxydhämoglobin sich bei Körpertemperatur in beträchtlichem Masse dissociirt. Es wäre auch ohne Annahme der Abhängigkeit der Bildung desselben vom Partiardrucke des Kohlenoxydes unverständlich, warum die Vogel'sche Probe auch bei Anwendung grösserer Luftmengen im Stiche lässt. Setzen wir den Fall, wir hätten in eine 20-Liter-Flasche 6 ccm Kohlenoxyd gebracht und fügen 10 ccm Blut hinzu. 10 ccm Blut vermögen höchstens 1,7 ccm Kohlenoxyd zu binden; wenn also einfach das Kohlenoxyd den Sauerstoff austreiben würde, wäre mehr als 3mal so viel Kohlenoxyd vorhanden, um das Blut völlig zu sättigen, worauf es auch im unverdünnten Zustande die charakteristische Spectralreaction geben müsste. Aber Fodor's Verfahren selbst ist beweisend. So vortreffliche Dienste es zum qualitativen Nachweis des Kohlenoxydes leistet, zur quantitativen Bestimmung ist es unbrauchbar. Das reducirte Palladium entspricht stets nur einem geringen Theile des vorhandenen Kohlenoxydes, und zwar desshalb, weil das Blut stets nur einen kleinen Theil desselben absorbirt. Bei richtigem Verfahren verliert man bei den weiteren Operationen nichts. Folgender, öfter von mir wiederholte Versuch ist beweisend. In eine 20 Liter-Flasche werden 2 ccm Kohlenoxyd gebracht, 10 ccm Blut zugefügt, geschüttelt, nach einiger Zeit das Blut entleert, die Reste mit Wasser ausgespült und diess Verfahren mit neuen Blutproben 3 und 4mal wiederholt. Das Resultat war stets das gleiche, ob jede Blutprobe 20 Minuten oder 3 Stunden mit der Luft in Berührung blieb. Alle Blutproben gaben in Fodor's Apparate die Kohlenoxydreaction und, wenigstens die 3 oder 4 ersten, annähernd in gleicher Stärke.

Nebenbei bemerkt, ermöglicht es dieses Verhalten in gerichtlichen Fällen, eine bereits untersuchte Luftprobe zur Controle der höheren Instanz zu übersenden. Es muss nur das Blut sorgfältig ausgespült und die Flasche luftdicht verschlossen werden.

Auch die insbesondere von Pokrowsky [1]) urgirte, von Dybkowsky [2]) bestätigte Oxydation findet zweifellos statt. Sie erfolgt langsam schon bei gewöhnlicher Temperatur. Auch diesen Beweis kann man mit der eben erwähnten Anordnung erbringen. Je mehr Oxyhämoglobin neben Kohlenoxydhämoglobin in einer Blutprobe enthalten ist, um so rascher wird die Oxydation verlaufen. Bringt man von den wie oben bereiteten 4 oder 5 Blutproben die 4. oder 5. sogleich in Fodor's Apparat, während man die übrigen wohlverkorkt bei gewöhnlicher Temperatur stehen lässt, so ist in letzteren schon nach 6 Stunden kein Kohlenoxyd mehr nachweisbar, während die sogleich untersuchte starke Reduction bewirkte.

Bei Körpertemperatur geht die Oxydation viel rascher vor sich, wovon ich mich wiederholt überzeugte.

Im Organismus finden also jedenfalls beide Processe statt, das Ueberwiegen der Dissociation ist mir aber aus dem oben angegebenen Grunde wahrscheinlicher.

Nachdem durch die bisherigen Versuche festgestellt war, dass es eine Grenze der Schädlichkeit des Kohlenoxydes gebe, dass es möglich sei, nach dem Verfahren Fodor's noch eine mindestens viermal kleinere Menge in der Luft nachzuweisen, durfte man hoffen durch Untersuchungen in verschiedenen Wohn- und Heizräumen Bestimmteres über das Vorkommen und damit über die hygienische Bedeutung des

1) Virchow Archiv 36. Bd. S. 482.

2) Hoppe-Seyler Med.-chem. Untersuchungen I. Heft 1866 S. 116.

Kohlenoxydes zu erfahren. Zwar fehlt es noch an einer quantitativen Methode, denn die von Fodor neuerdings empfohlene ist die alte fehlerhafte, aber wenigstens kann man auf folgende Weise gewisse Grenzwerthe erlangen. 20 Liter Luft werden mit 10 cc Blut geschüttelt. Das Blut wird nach Fodor auf Kohlenoxyd geprüft. Das Spülwasser davon wird im Spectralapparate untersucht. Erhält man die Reaction nach Fodor, aber die im Spectralapparate nicht, so weiss man, dass der Gehalt weniger als 0,1 % und mehr als 0,005 % beträgt.

Ferner nimmt man 100 ccm Luft etwa und prüft nach Vogel. Gab die Untersuchung der grossen Luftprobe die Absorptionsstreifen, die zweite aber nicht, dann liegt der Kohlenoxydgehalt zwischen 0,1 und 0,25 %. Eine Luft, die mehr als 0,25 % enthält, würde wohl als höchst giftig zu bezeichnen sein. Vorkommenden Falls könnten diese allerdings rohen Grenzbestimmungen doch Anhaltspuncte abgeben, ob man beobachtete Krankheitserscheinungen auf den Kohlenoxydgehalt der Athemluft beziehen dürfe.

Indess kam ich nie in den Fall, davon Anwendung zu machen, denn niemals gelang mir der Nachweis der geringsten Kohlenoxydmenge. Ich untersuchte die Luft mehrerer Laboratoriumsräume, eines Dampfkesselhauses, in dem eben ein leichter Kohlengeruch wahrnehmbar war, eines durch einen eisernen Ofen geheizten Wohnzimmers, dessen Bewohner während der kalten Jahreszeit an beständigem Kopfschmerz litten, der angeblich bei Heizung des Ofens sich steigerte, wodurch der Verdacht auf diesen gelenkt wurde: immer ohne Erfolg.

Dasselbe negative Resultat hatten mehrere Versuche, bei denen ich den eisernen Ofen eines kleinen Badezimmers stundenlang zum grössten Theile glühend erhielt. Obwol eine Luftprobe direct von der Ofenwand abgesaugt wurde, konnte ich doch keine Spur von Kohlenoxyd auffinden.

Wenn auch die Thatsache der Durchgängigkeit des glühenden Eisens für Kohlenoxyd feststeht — ich überzeugte mich abermals durch einen geeigneten Versuch davon — so wirkt doch bei einem eisernen Ofen die Druckdifferenz zwischen der Luftsäule im Kamin und der Aussenluft der Diffusion jedenfalls in bedeutendem Masse entgegen und die etwa diffundirenden Mengen sind so gering, dass sie sich selbst bei meinen der Diffusion sehr günstigen Versuchen nicht nachweisen liessen. Auch wird man berücksichtigen müssen, dass die durch die glühenden Ofenwandungen in die freie Luft diffundirenden Kohlenoxydmengen bei Entzündungstemperatur mit reichlichem Sauerstoffe zusammentreffen, daher wahrscheinlicher Weise sogleich zu Kohlensäure verbrennen. Von dieser Seite droht also von den eisernen Oefen, denen ich im Uebrigen nicht das Wort reden will, mit Bestimmtheit keine Gefahr.

Ebenso liess die Untersuchung einer Hauber'schen Luftheizung weder in der Heizkammer noch in dem geheizten Schulzimmer die geringste Spur Kohlenoxyd erkennen, obwol zehn der kleinen Caloriféren zur Hälfte rothglühend waren. Hiermit ist wol der principiellen Bekämpfung der Luftheizung von diesem Gesichtspuncte aus, der Boden entzogen. Etwaiges Vorkommen von Kohlenoxyd in Luftheizungen wird auf mangelhafte Anlage oder Instandhaltung zu beziehen sein.

Ueberhaupt gelang mir der Nachweis des Kohlenoxydes bisher nur einmal, als ich in ein Zimmer Leuchtgas in gemessenen Mengen einströmen und darin diffundiren liess. Bei einem Maximalgehalte von 0,007 % Kohlenoxyd war dasselbe nachweisbar. Der charakteristische Leuchtgasgeruch war aber bereits deutlich, wenn auch schwach erkennbar, als höchstens 0,003 % Kohlenoxyd in der Zimmerluft enthalten sein konnten.

Es ergibt sich also der Geruch empfindlicher zum

Nachweise des Leuchtgases als die Reaction auf Kohlenoxyd und ganz dasselbe zeigte sich beim Kohlendunste; auch dessen charakteristischer Geruch war wahrzunehmen, während noch kein Kohlenoxyd sich auffinden liess.

In Anbetracht 1. dass es einen Grad der Verdünnung gibt, bei welchem das Kohlenoxyd keinerlei Symptome im Organismus bewirkt;

2. dass auch bei sehr lange fortgesetzter Athmung einer das Kohlenoxyd in unschädlicher Verdünnung enthaltenden Luft keine Anhäufung dieses Gases im Körper stattfindet;

3. dass das Kohlenoxyd noch in einer weit unter der Grenze der Schädlichkeit liegenden Verdünnung nach Fodor's Methode sicher nachweisbar ist, und

4. trotzdem in mit stark glühenden eisernen Stuben- und Luftheizungsöfen geheizten Zimmern kein Kohlenoxyd zu finden war;

darf ich wohl aussprechen, dass die namentlich von der Anwendung eiserner Oefen und Luftheizungen befürchteten Gefahren für die Gesundheit in der vielfach angenommenen Weise nicht bestehen.

Die vorliegende Untersuchung wurde im hygienischen Institute des Herrn Geheimrath von Pettenkofer auf dessen Anregung ausgeführt. Ich sage meinem verehrten Lehrer für seine Theilnahme und Unterstützung meinen innigsten Dank.

Der Classensecretär legt vor und bespricht eine Abhandlung von Prof. K. Haushofer:

„Ueber das Verhalten des Dolomit gegen Essigsäure.“

Karsten berichtete im Jahre 1848, dass aus einem Gemenge von Calcit und Dolomit durch verdünnte Essigsäure bei 0° nur der Calcit ausgezogen werde, während der Dolomit als unlöslich zurückbleibe.[1]) Seither sind die Versuche mehrfach wiederholt worden[2]); die Angaben über die Ergebnisse lauten jedoch so wiedersprechend, dass ich schon früher auf die Nothwendigkeit einer durchgreifenden Prüfung der Thatsachen hinwies. Dies schien um so mehr geboten, als das bezeichnete Verhalten nicht blos als specielles Kennzeichen des Dolomit sich behauptete sondern auch als Beweisgrund dafür galt, dass derselbe nicht ein Gemenge sondern eine chemische Verbindung der Carbonate von Kalkerde und Magnesia sei.

Dass bei solchen Operationen auch die Bestandtheile des Dolomit in Lösung gehen, ist schon früher nachgewiesen

---

1) Karst. Arch. f. Min. XXII, 589.

2) Forchhammer Journ. f. prakt. Chem. 1850, 49, 55; Pfaff Pogg. Ann. 1851, 488; Roth Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1852, 565 und Tschermak Min. Mitth. 1876, 69. T. Sterry Hunt Sill. Am. J. 1859 28, 181. Dölter u. Hörnes Jahrb. Geol. Reichsanst. 1875, 319.

worden. Allein über die relativen Mengen, über den Einfluss von Zeit, Temperatur und Concentrationsgrad des Lösungsmittels, über das Verhalten krystallisirter Varietäten finden sich keine Angaben, welche für Vergleichung ausreichen. Um in dieser Richtung experimentelles Material zu gewinnen, zugleich aber auch in der Erwartung vielleicht einige Anhaltspunkte für die Constitution des Dolomit zu finden, nahm ich eine Reihe von Lösungsversuchen mit krystallisirten und krystallinischen Normaldolomiten, Dolomiten von abweichender Zusammensetzung, mit Braunspath, Breunerit und Magnesit vor, deren Ergebnisse in den nachstehenden Tabellen zusammengefasst sind. Zur Erläuterung derselben möge Folgendes dienen.

Für die vorzunehmenden Versuche wurden folgende Vorkommnisse gewählt:

I. Dolomit aus dem Asbest des Greiners im Zillerthal; krystallisirt, ausgezeichnet klar und wasserhell, spiegelflächig spaltbar; Rhomb. = 106°14′, spec. Gew. = 2,948. Zwei Analysen unter Beobachtung aller Massregeln für die grösste erreichbare Genauigkeit des Resultates ergaben:

	I.	II.	Mittel:
$CaOCO_2$	53,52	53,58	53,55
$MgOCO_2$	44,48	44,55	44,51
$FeOCO_2$	2,02	2,03	2,02
	100,02	100,16	100,08

Das Kalk- und Magnesiacarbonat stehen fast genau in dem Mengenverhältniss gegeneinander, wie es dem Normaldolomit zukommt; die Berechnung auf die kleinsten ganzen Molecularzahlen verlangt für

31	Mol.	$CaOCO_2$	53,26	Procent
31	„	$MgOCO_2$	44,74	„
1	„	$FeOCO_2$	2,00	„

Zu minder genau der Analyse entsprechenden Zahlen gelangt man, wenn man das Eisenoxydulcarbonat als Vertreter eines Theiles Magnesiacarbonat rechnet; die nächsten sind:

31 Mol.	$CaOCO_2$	mit	54,04	Procent
30 „	$MgOCO_2$	„	43,93	„
1 „	$FeOCO_2$	„	2,03	„

II. Dolomit aus Sachsen (näherer Fundort unbekannt) krystallisirt, durchscheinend, sehr vollkommen spaltbar; Rhomb. = 106°24′, spec. G. = 2,909.

Die Analyse ergab:

		Mol.	Berechnet
$CaOCO_2$	= 52,77	27	52,77
$MgOCO_2$	= 42,55	26	42,68
$FeOCO_2$	= 4,59	2	4,55

Auch dieser Dolomit (oder Braunspath) kann als ein Normaldolomit angesehen werden, dessen Magnesia theilweise durch Eisenoxydul vertreten wird; aber auch hier entsprechen die Resultate der Analyse nicht genau einer solchen Annahme.

III. Dolomit vom Tribulaun in Tirol; feinkörnig, schneeweiss; sp. G. = 2,904.

Die Analyse ergab:

		Normaldolomit:
$CaOCO_2$	= 54,57	54,35
$MgOCO_2$	= 45,33	45,65
	99,90	

Die Zusammensetzung entspricht bis auf ganz geringe Abweichungen, die wohl auf die Fehler der Analyse bezogen werden können, genau einem Normaldolomit.

IV. Dolomit vom Tholaberg bei Redwitz im Fichtelgebirge; krystallisirt, die Flächen ein wenig gewölbt, im

Habitus dem Perlspath ähnlich. Sp. G. = 2,843; Rhomb. = 106° bis 106°10′.

Analytisches Resultat:

$$\begin{aligned} CaOCO_2 &= 57{,}40 \\ MgOCO_2 &= 38{,}00 \\ FeOCO_2 &= \underline{4{,}80} \\ & 100{,}20 \end{aligned}$$

Bei der Berechnung dieser Werthe auf die kleinsten ganzen Molekularzahlen erhält man

14 Mol.	= 57,37	Procent	$CaOCO_2$
11 „	= 37,86	„	$MgOCO_2$
1 „	= 4,77	„	$FeOCO_2$

Die vorhandene Menge Eisenoxydulcarbonat reicht nicht mehr hin, um die Magnesia bis zu der dem Normaldolomit entsprechenden Menge zu ergänzen; das nächstliegende Verhältniss, wenn man das Eisenoxydul zur Magnesia rechnet, wäre ein Dolomit aus

7 Mol.	$CaOCO_2$	mit 58,13	Procent
6 „	$MgOCO_2$	„ 41,87	„

V. Dolomit von d. Monte Somma. Feinkörnig, schneeweiss; sp. G. = 2,860

Die Analyse ergab:

$$\begin{aligned} CaOCO_2 &= 58{,}86 \\ MgOCO_2 &= \underline{41{,}18} \\ & 100{,}04 \end{aligned}$$ [1]

1) J. Roth analysirte einen ähnlich zusammengesetzten Dolomit von demselben Fundorte mit 57,25% $CaOCO_2$ und 42,75% $MgOCO_2$; ein anderer entsprach der Formel

9 $CaOCO_2$
8 $MgOCO_2$

Diese Zusammensetzung entspricht noch genauer als die von Nr. IV. dem Verhältnisse 7 $CaOCO_2 . MgOCO_2$.

VI. Dolomit von Bruneck in Tirol (aus einem Steinbruche unmittelbar an der Stadt). Dicht, graulichweiss; spec. G. = 2,852.

Nach der Analyse bestand er aus

58,36 $CaOCO_2$
41,37 $MgOCO_2$
0,25 $FeOCO_2$
99,98

Auch diese Varietät besitzt sehr nahe die Zusammensetzung

7 $CaOCO_2$ mit 58,13 Procent
6 $MgOCO_2$ 41,87 „

VII. Süsswasserdolomit von Steinheim; dicht, z. Th. stalaktitisch, einem Travertin ähnlich, gelblichgrau, mit Planorbis-Steinkernen. Sp. G. = 2,704.

Die Analyse gab

62,98 $CaOCO_2$
36,61 $MgOCO_2$
0,40 Organische Substanz, bei 100° getrocknet u. gewogen.
99,99

Nach Abzug der organischen Substanz wird die Zusammensetzung

63,2 $CaOCO_2$
36,8 $MgOCO_2$

und entspricht damit annähernd einem Dolomit von dem Verhältnisse:

3 $CaOCO_2$ mit 64,10 Procent
2 $MgOCO_2$ „ 35,90 „

VIII. Breunerit von Hall in Tyrol. Krystallisirt, schwarz. Rhomb. = 106°51′

Resultat der Analyse und Berechnung auf Molecularzahlen:

		Ohne Rückstand:	Mol:	Berechnet:
$MgOCO_2$ =	68,21	72,6	18	73,18
$FeOCO_2$ =	20,81	22,1	4	22,13
$CaOCO_2$ =	5,00	5,3	1	4,69
Unlösl. Rückstand	6,01			
	100,03 [1])			

Einfache Verhältnisse wie man sie bei chemischen Verbindungen voraussetzt, sind aus diesen Zahlen nicht abzuleiten, selbst dann nicht, wenn man das Kalkcarbonat als Beimengung betrachten will und abzieht. Dazu gibt aber das Verhalten des Minerals durchaus keine Veranlassung, denn es braust selbst als Pulver mit verdünnten Säuren in der Kälte nicht.

IX. Ferner habe ich noch den krystallisirten weingelben Magnesit von Snarum analysirt und fast genau die Resultate erhalten, welche Scheerer [2]) angibt; meine Zahlen sind

99,03	Procent	$MgOCO_2$
0,71	„	$FeOCO_2$
99,74		

Und endlich fand ich in dem weissen dichten Magnesit von Frankenstein . . . . 99,84 $MgOCO_2$ nebst Spuren von Kieselsäure und Wasser.

1) Eine von Stromeyer analysirte Varietät von demselben Fundorte und Habitus enthielt keinen Kalk und besass überhaupt eine andere Zusammensetzung, nämlich

89,6 $MgOCO_2$
8,0 $FeOCO_2$
2,4 $MnOCO_2$

2) Journ. f. prakt. Chem. $50_{,95}$.

Das Material zu den Analysen wurde als Durchschnittsprobe aus grösseren Mengen des feinen Pulvers genommen, welches bei 100° getrocknet worden war. Der leichteren Uebersicht wegen sind die Ergebnisse der Analysen auch in den folgenden Tabellen an der entsprechenden Stelle angeführt.

Gewogene Mengen des Pulvers (in d. Regel 2—3 gr.) wurden hierauf der Einwirkung eines reichlichen Ueberschusses von Essigsäure in verschiedenen Graden der Verdünnung ausgesetzt. In Folge der zwar langsam aber doch merklich stattfindenden Kohlensäureentwicklung konnte die Bildung einer gesättigten Flüssigkeitsschicht über dem Pulver nicht eintreten; dessenungeachtet wurde dasselbe oftmals aufgerührt. Die Mehrzahl der Versuche wurde bei Temperaturen zwischen 0° und —3° angestellt, einige bei 18 bis 20°. Endlich wurden einige Lösungsversuche mit Citronensäure und Salzsäure hinzugefügt. Angaben über Lösungsmittel, Zeit und Temperatur enthält die letzte Verticalcolumne.

Nach Ablauf der festgesetzten Zeit von 48 Stunden (wo nicht Abweichungen angegeben sind) wurden die Rückstände abfiltrirt, gewaschen, getrocknet, gewogen und analysirt. Sie durften keine Spur von Essigsäure mehr enthalten. Die Lösungen wurden bei einigen Versuchen zur Trockne verdunstet, geglüht und gleichfalls analysirt; später unterliess ich es, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die Menge des gelösten Theiles mit vollkommen genügender Sicherheit aus der Analyse des Rückstandes zu berechnen war.

Die Ergebnisse der Analysen gliedern sich in folgende Verticalcolumnen:

A. Gelöster Theil:

a) Gelöste Mengen der Carbonate, berechnet auf 100 Theile des angewandten Pulvers;

b) **Zusammensetzung des gelösten Theiles nach Procenten.**

B. Rückstand:

a) **Rückständige Mengen der Carbonate, berechnet auf 100 Theile des angewandten Pulvers;**

b) **Zusammensetzung des Rückstandes nach Procenten.**

I. Normaldolomit $\begin{pmatrix} 54{,}35 & CaOCO_2 \\ 45{,}65 & MgOCO_2 \end{pmatrix}$

Analyse:		A. Gelöster Theil: a. v. 100:	A. Gelöster Theil: b. Procental:	B. Rückstand: a. v. 100:	B. Rückstand: b. Procental:	
1) Vom Greiner	$CaOCO_2$=53,55	**18,20**	51,75	**35,31**	54,44	48 Stdn. mit 50% Essigsäure [1]) bei 0° C.
	$MgOCO_2$=44,51	**16,20**	46,06	**28,27**	43,60	
	$FeOCO_2$= 2,02	**0,76**	2,19	**1,26**	1,94	
		35,16		**64,84**		
2) Derselbe		**19,21**	53,39	**34,30**	53,56	25% Essigsäure.
		16,26	45,19	**28,22**	44,07	
		0,51	1,42	**1,52**	2,37	
		35,98		**64,04**		
3) Derselbe		**17,60**	52,19	**35,91**	54,15	15% Essigsäure.
		15,68	46,50	**28,80**	43,44	
		0,44	1,31	**1,59**	2,41	
		33,72		**66,30**		
4) Derselbe		**29,67**	53,10	**23,84**	56,28	20% Citronens. (20 gr. kryst. Citronens. in 100 g Säure)
		25,18	45,08	**19,30**	41,41	
		1,02	1,82	**1,01**	2,31	
		55,87		**44,15**		

1) 50 CC Eisessig in 100 CC Säure.

		A. a.	A. b.	B. a.	B. b.	
5) Vom Tribulaun	$CaOCO_2$=54,57	**15,17**	52,74	**39,40**	55,38	25% Essigsäure.
	$MgOCO_2$=45,33	**13,59**	47,26	**31,74**	44,62	
		28,76		**71,14**		
6) Derselbe		**21,66**	53,96	**32,91**	54,99	25% Essigsäure. bei 20° C.
		18,48	46,04	**26,95**	45,01	
		40,14		**59,86**		
7) Derselbe		**16,69**	53,75	**37,88**	55,01	15% Essigsäure.
		14,36	46,25	**30,97**	44,99	
		31,05		**68,85**		
7a) Aus Sachsen	$CaOCO_2$=52,77	**14,55**	54,45	**38,06**	52,28	25% Essigsäure.
	$MgOCO_2$=42,55	**11,37**	42,94	**30,93**	42,48	
	$FeOCO_2$= 4,59	**0,70**	2,61	**3,81**	5,24	
		26,62				

II. Kalkreichere Dolomite.

		A. Gelöster Theil: a. v. 100:	A. b. Procental:	B. Rückstand: a. v. 100:	B. b. Procental:	
Analyse:						
8) Von der Somma.	$CaOCO_2$=58,86	**13,32**	68,00	**45,61**	56,56	**Mit 50% Essigsäure.**
	$MgOCO_2$ 41,18	**6,28**	32,00	**34,99**	43,44	
	100,04	**19,60**		**80,60**		
9) Derselbe		**18,51**	66,04	**40,33**	55,72	**Desgl. 20 Tg.**
		9,06	33,96	**32,10**	44,28	
		27,57		**72,43**		
10) Derselbe		**18,21**	69,21	**40,67**	55,14	**Mit 10% Essigsäure 48 Stunden.**
		8,10	30,79	**33,08**	44,86	
		26,31		**73,75**		
11) Derselbe		**26,64**	64,34	**32,21**	54,96	**Desgl. bei 20° C.**
		14,70	35,66	**26,41**	45,04	
		41,34		**58,62**		

	Analyse					
12) Von der	$CaOCO_2$=58,86	**16,10**	68,92	**42,76**	55,86	Mit 5% Es-
Somma.	$MgOCO_2$ 41,18	**7,45**	31,07	**33,65**	44,13	sigsäure bei
	100,04	**23,55**		**76,41**		20° C.
13) Derselbe		**29,23**	62,88	**29,63**	55,32	Mit 20% Ci-
		17,25	37,12	**23,93**	44,68	tronens. 48
		46,48		**53,56**		Std. bei 0°
14) Von Brun-	$CaOCO_2$=58,36	**22,53**	64,14	**36,03**	55,43	Mit 50% Es-
eck	$MgOCO_2$=41,37	**12,58**	35,86	**28,86**	44,57	sigsäure.
	$FeOCO_2$= 0,25[1]	**35,11**		**64,89**		
	99,98					
15) Derselbe		**31,96**	63,60	**27,24**	54,55	Mit 25% Es-
		18,52	36,30	**22,56**	45,45	sigsäure.
		50,21		**49,80**		
16) Vom Thola-	$CaOCO_2$=57,4	**36,39**	59,16	**20,91**	54,32	Mit 15% Es-
berg.	$MgOCO_2$=38,0	**22,48**	36,55	**15,42**	40,07	sigs. bei 20°
	$FeOCO_2$= 4,8	**2,64**	4,29	**2,16**	5,61	
	100,2	**61,51**		**38,49**		

III. Süsswasserdolomit von Steinheim.

		A. Gelöster Theil:		B. Rückstand:		
	Analyse:	a. v. 100:	b. Procental:	a. v. 100:	b. Procensal:	
17)	$CaOCO_2$=62,98	**26,72**	67,32	**36,27**	60,53	Mit 50% Es-
	$MgOCO_9$=36,61	**12,97**	32,68	**23,64**	39,47	sigsäure.
	Rüchstand= 0,40[2]	**39,69**		(0,40)		
	99,99			**60,31**		

---

1) Wurde nicht weiter berücksichtigt.

2) Organische Substanz, bei 100° gotrocknet. Wurde bei den Rückständen in Rechnung gebracht.

18)	$CaOCO_2$=62,98	**42,66**	65,59	**20,32**	58,81	**Mit 25% Essigsäure.**
	$MgOCO_2$=36,61	**22,38**	34,41	**14,23**	41,19	
	Rückstand= 0,40[1]	**65,04**		(0,40)		
	99,99			**34,95**		
19)		**47,11**	64,29	**15,87**	60,29	**Mit 12% Essigsäure.**
		26,16	35,71	**10,85**	39,71	
		73,27		(0,40)		
				27,12		
20)		**38,52**	65,41	**24,46**	60,12	**Mit 5% Essigsäure.**
		20,39	34,59	**16,22**	39,99	
		58,91		(0,40)		
				41,08		
21)		**58,29**	63,56	**4,69**	59,51	**Mit 10% Citronensäure.**
		33,42	36,44	**3,19**	40,49	
		91,71		(0,40)		
				8,28		
22)		**11,42**	67,61	**51,56**	62,34	15 **Sec. mit sehr schwach. Salzsäure bei 18° C.**
		5,47	32,39	**31,14**	37,66	
		16,89		(0,40)		
				53,10		

IV. Breunerit von Hall (Tirol).

		A. Gelöster Theil:		B. Rückstand:	
	Analyse:	a. v. 100:	b. **Procental:**	a. v. 100:	b. **Procental: (ohne Rückstand)**
23)	$MgOCO_2$=68,21	**3,23**	55,88	**64,98**	73,64 **Mit 25% Essigsäure.**
	$FeOCO_2$=20,81	**0,68**	11,76	**20,13**	22,81
	$CaOCO_2$= 5,00	**1,87**	32,36	**3,13**	3,55
	Unlöslicher Rückstand = 6,01	**5,78**		**6,01**	**(unlösl. Rückst.)**
				94,25	

1) Organische Substanz, bei 100° getrocknet. Wurde bei den Rückständen in Rechnung gebracht.

V. Magnesit.

		Gelöst von 100:	Rückstand:	
24) Von Snarum. Krystallisirt.	$MgOCO_2$=99,03 $FeOCO_2$= 0,71	**2,64** Spuren	**97,36**	Mit 50% Essigsäure.
25) Von Frankenstein; dicht, weiss. Sp. Gew. = 2,702.	$MgOCO_2$=99,84 Spuren SiO_2; H_2O	**17,96**	**82,04**	Desgl.
26) Derselbe		**41,76**	**58,24**	Mit 10% Essigsäure.

Aus den gewonnenen Zahlen ergibt sich zunächst, dass von starker wie von verdünnter Essigsäure auch bei niedrigen Temperaturen die Bestandtheile des Dolomit in beträchtlichen Mengen gelöst werden und dass demzufolge eine auch nur annähernde Trennung desselben von Calcit auf diesem Wege nicht zu erreichen ist. Es zeigt sich ferner durchgängig, dass die Dauer der Einwirkung, der Concentrationsgrad der Säure und die Temperatur vorzugsweise auf die Menge des Gelösten, in geringerem Grade auf das Mengenverhältniss der gelösten Carbonate von Einfluss ist. Die Menge des Gelösten wächst wie vorauszusehen mit zunehmender Wärme und mit der Dauer der Einwirkung; sie ist bei Anwendung verdünnter Essigsäure in der Regel grösser als bei stärkerer Concentration und erreicht — wenigstens bei den kalkreicheren Dolomiten der Tabellen II und III — ein Maximum bei Anwendung 12 procentiger Essigsäure. — Citronensäure zeigt im Allgemeinen eine viel grössere Energie als Essigsäure. Uebrigens ist die Löslichkeit sicher auch von dem Aggregationszustand und von dem Grad der Zerkleinerung abhängig.

Die meisten dieser Thatsachen waren wohl vorauszu-

sehen und haben desshalb keine grössere Bedeutung. Mehr Beachtung verdienen die Zusammensetzungsverhältnisse der gelösten und rückständigen Theile. Schon bei den Versuchen mit normalen Dolomiten zeigen sich darin Unterschiede, welche zwar gering sind aber doch über die Gränzen der analytischen Fehler hinausreichen und insgesammt in gleichem Sinne sprechen. Im Allgemeinen nähert sich die Zusammensetzung des Rückstandes in der ersten Versuchsreihe mehr der normaldolomitischen, als die des gelösten Theiles, welcher durchwegs einen höheren Magnesiagehalt besitzt als der ursprüngliche Dolomit. Das ergibt sich besonders deutlich bei dem Versuch Nr. 5 mit dem sehr nahe normal zusammengesetzten Dolomit vom Tribulaun und führt zu dem Satze, dass sich aus dem Normaldolomit die Magnesia leichter löse als der Kalk. Der Grund dieser Erscheinung lässt sich nicht auf die Löslichkeitsverhältnisse der entstehenden essigsauren Salze von Kalk und Magnesia zurückführen. Beide sind fast zerfliesslich und lösen sich in jeder Menge Wasser. Ueberdiess war stets ein reichlicher Ueberschuss des Lösungsmittels vorhanden, die Bildung schwerlöslicher basischer Magnesiasalze ausgeschlossen und durch das Fehlen von Essigsäure im ausgewaschenen Rückstand widerlegt.

Noch auffallender, aber in entgegengesetztem Sinne, wird der Unterschied in der Zusammensetzung des gelösten Theiles und des Rückstandes bei den kalkreicheren Dolomiten der Versuchsreihen II und III. Bei diesen ist die Lösung viel reicher an Kalk als der ursprüngliche Dolomit, der Rückstand reicher an Magnesia. Letzterer kommt bei den Dolomiten der Gruppe II der Zusammensetzung des Normaldolomit um so näher, je kleiner seine Menge, je mehr gelöst ist. Man könnte daraus schliessen, dass diese Dolomite Gemenge aus Normaldolomit und Calcit seien. Die Folgerung muss aber desshalb bedenklich erscheinen,

weil zugleich sehr beträchtliche Mengen von Magnesia in Lösung gehen (bei Nr. 15 z. B. fast die Hälfte des vorhandenen Magnesiacarbonates) und weil auch krystallisirte Dolomite von ähnlicher Zusammensetzung (Nr. 16 vom Tholaberg) sich gleich verhalten; vollkommen unvereinbar mit jener Annahme ist das merkwürdige Verhalten des Dolomits der III. Versuchsreihe, bei welchem die Operation in keinem Falle zu normaldolomitisch zusammengesetzten Rückständen führte, selbst wenn man die Lösung sehr weit fortschreiten liess. (In einem Versuche, Nr. 21, betrug die Menge des Rückstandes nur noch 8,23% von dem angewandten Pulver, die Zusammensetzung desselben war aber fast die gleiche wie bei dem Versuch Nr. 17 mit demselben Dolomit, wobei 60% Rückstand geblieben waren). Dabei muss es auffallen, dass die gelösten Antheile der Dolomite unter II fast dieselbe Zusammensetzung haben wie die von III.

Obwohl sich in den vorliegenden Versuchsreihen eine gewisse Gleichartigkeit und Bestimmtheit der Erscheinungen nicht verkennen lässt, wird es doch schwer, über die Ursachen und den Zusammenhang derselben zu einem haltbaren Schluss zu kommen. Die Differenzen in der Zusammensetzung der gelösten und rückständigen Theile aller Dolomite müssen als das Ergebniss fractionirter Lösungen angesehen werden. Solche können aber bei homogenen Körpern nicht stattfinden, wenn nicht zugleich Umsetzungen in neue Verbindungen von ungleicher Lösbarkeit auftreten. Die Vorgänge bei der Auflösung des Polyhalit, Glauberit und Syngenit in Wasser gründen sich auf eine Zersetzung dieser homogenen Körper durch das Wasser, wobei sich schwerlösliches Gyps und leichtlösliches Alkalisulfat bilden und zugleich trennen; ein gleiches gilt von dem Verhalten des Carnallit bei unzureichendem Zutritt von Wasser, wobei zerfliessliches Chlormagnesium von min-

der leicht löslichem Sylvin sich scheiden lässt [1]; auch die Zerlegung von Apatit durch kochendes Wasser in Chlorcalcium und phosphorsauren Kalk [2]) und viele andere Vorgänge z. B. die Zersetzung der Silicate durch Säuren etc. gehören in diese Reihe von Erscheinungen, können aber doch nicht als Analoga für die Zerlegung der Dolomite durch Essigsäure betrachtet werden. Freilich ist der letztere Vorgang auch keine einfache Lösung sondern eine Zersetzung, wobei sich neue Verbindungen, — die Acetate von Kalk und Magnesia — bilden. Diese sind aber so leicht und gleichmässig löslich, dass der Vorgang bei genügendem Ueberschuss des Lösungsmittels sich von dem einer einfachen Lösung kaum mehr unterscheidet. Es musste nahe liegen, an eine ungleiche Löslichkeit der beiden essigsauren Salze zu denken und darauf die Unterschiede in der Zusammensetzung des gelösten und rückständigen Theiles zurückzuführen. Ein directer Versuch spricht jedoch gegen diese Erklärungsweise. Ein Gemenge aus

73,0 kohlensaurem Kalk
27,0 kohlensaurer Magnesia

wurde in Essigsäure gelöst, die Lösung auf dem Wasserbade bis zur Staubtrockniss abgedampft, das Pulver gut gemengt und mit einer geringen Menge Wasser so rasch ausgelaugt, dass ein guter Theil ungelöst blieb; die auf diese Weise getrennten Mengen wurden für sich analysirt und ergaben:

	A. Lösung:	B. Rückstand:
$CaOCO_2$ =	72,8	73,2
$MgOCO_2$ =	27,2	26,8

1) Bischof, Steinsalzbergwerke bei Stassfurth 1864; Tschermak Ber. d. Wien. Akad. d. Wiss. 1868, 58, 144.

2) H. Rose, Pogg. Ann. 1851, 42, 559.

Die Differenzen liegen wohl innerhalb der analytischen Fehlergränzen, wenn man nicht daraus entnehmen will, dass die essigsaure Magnesia um ein Geringes leichter löslich sei als der essigsaure Kalk; ob sich aber daraus so grosse Unterschiede erklären lassen, wie die bei den Lösungsversuchen mit Essigsäure erzielten, muss doch sehr fraglich erscheinen.

Neuerdings hat die Anschauung grosse Verbreitung gefunden, dass der Normaldolomit — wenigstens in seinen krystallisirten Varietäten — eine homogene chemische Verbindung [1]), ein Doppelsalz [2]) der Carbonate von Kalk und Magnesia sei und dass auch den übrigen Mineralien der Gruppe ähnliche chemische Verbindungen als isomorphe Componenten zu Grunde lägen. Die chemische Formel des Normaldolomit müsste demgemäss mit

$$CaOCO_2 . MgOCO_2 \text{ oder } \dot{Ca}\,\dot{Mg}\,\ddot{C}^2,$$

die des Calcit, Magnesit etc., um die für die Isomorphie nöthige Analogie festzuhalten, mit

$$_2(CaOCO_2) \text{ oder } \dot{Ca}^2\ddot{C}^2 \text{ und}$$
$$_2(MgOCO_2) \text{ ,, } \dot{Mg}^2\ddot{C}^2 \text{ u. s. w.}$$

gegeben werden. Aus dem Umstande, dass die Mehrzahl der Braunspäthe, Ankerite etc. ziemlich genau der Formel ($m\,\dot{Ca}\,\dot{Mg}\,\ddot{C}^2 + n\,\dot{Ca}\,\dot{Fe}\,\ddot{C}^2$) entspricht [3]) und aus der überraschenden Analogie, welche sich darin mit der Zusammensetzung der Diopside aus den Componenten $m\,\dot{Ca}\,\dot{Mg}\,\ddot{Si}^2 +$

---

1) J. Roth, Allg. u. chem. Geologie I, 52.

2) G. Bischof Lehrb. d. chem. u. phys. Geologie, 2. Aufl., II, 128, 131.

3) Vgl. E. Boricky über die Zusammensetzung der Ankerite, Tschermak Min. Mitth. 1876, 47 ff.

$n\,\dot{Ca}\,\dot{Fe}\,\ddot{Si}^2$ [4]) zeigen würde, erwächst der Theorie eine beachtenswerthe Unterstützung. Allein die Möglichkeit, normale Dolomite durch Lösung zu fractioniren, stimmt nicht damit überein. Viel besser lässt sich die Gesammtheit der vorliegenden Thatsachen mit der u. a. von Rammelsberg vertretenen Ansicht in Einklang bringen, wonach die Dolomite etc. isomorphe Mischungen aus den einfachen Carbonaten von Kalk, Magnesia etc. sind. Der grössere Widerstand der krystallisirten kohlensauren Magnesia (Magnesit) gegen die Auflösung im Vergleich mit Calcit ist bekannt und auch in den vorliegenden Versuchen ziffermässig ausgedrückt (Nr. 24). Man darf aber den Widerstand gegen die Trennung der Moleküle durch die Lösung nicht mit der Löslichkeit in quantitativem Sinne verwechseln, d. h. mit der Menge, in welcher eine Substanz sich überhaupt bis zur Sättigung in einer Flüssigkeit auflöst. Diese ist bei den Magnesiasalzen im allgemeinen sogar grösser als bei den Kalksalzen, z. B. bei den Sulfaten beider. So wird es einerseits erklärlich, wie die Widerstandsfähigkeit der Magnesitmoleküle den in der Krystallpartikel des Dolomit symmetrisch zwischengelagerten Calcit vor der Auflösung schützen und diese im ganzen dadurch verzögern kann, andererseits aber auch, wie die Lösung sogar etwas mehr Magnesia aufnehmen kann, sobald sie einmal vor sich geht.

Bei kalkreicheren Dolomiten ist die Zahl der Calcitmoleküle in der Krystallpartikel eine grössere als die der Magnesitmoleküle; letztere werden den Calcit nicht mehr in dem gleichen Maasse vor der Auflösung schützen und man kann sich, anknüpfend an die Idee einer symmetrischen Anordnung der Moleküle, unschwer eine Vorstellung davon machen, wie in solchem Falle eine das Zusammensetzungs-

---

4) Vgl. Tschermak in dessen Min. Mitth. 1871, 30 und Dölter, ebend. 1877, 3. Hft. und 1879, 200.

verhältniss weit übersteigende Menge von Calcit gelöst werden kann.

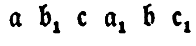
Wenn auch die für eine Reihe von analogen Problemen wichtige Frage nach der Constitution des Dolomit durch die vorliegende Untersuchung in keiner Richtung entschieden werden konnte, so mögen darin doch vielleicht Stützpunkte liegen, die im Zusammenhang mit anderen künftig einmal eine Grundlage für die Lösung der Aufgabe bilden können.

Herr **Gustav Bauer** legte folgende Mittheilung von Herrn H. **Schröter** in Breslau vor:

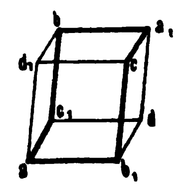
„**Ueber eine Eigenschaft des geradlinigen Hyperboloids.**“

In den Sitzungsberichten vom 5. Juni 1880 hat Herr G. **Bauer** eine Mittheilung gemacht, in welcher er eine Eigenschaft eines auf einem einschaligen Hyperboloid verlaufenden räumlichen Sechsecks, dessen drei Paar Gegenseiten drei beliebige Paare paralleler Erzeugender des Hyperboloids sind, als allgemein gültig nachweist, während Herr H. **Vogt** dieselbe nur für ein Tripel von Normalstrahlen auf dem gleichseitigen Hyperboloid bewiesen hatte. Ich erlaube mir dieser Eigenschaft der Figur noch zwei andere hinzuzufügen, die mit jener auf gleicher Linie stehen, indem alle drei aus den bekannten Relationen für die conjugirten Durchmesser einer Oberfläche zweiter Ordnung entspringen.

Drei beliebige Paare paralleler Erzeugender eines einschaligen Hyperboloids lassen sich zu einem räumlichen Sechseck



$$\mathfrak{a}\ \mathfrak{b}_1\ \mathfrak{c}\ \mathfrak{a}_1\ \mathfrak{b}\ \mathfrak{c}_1$$



zusammenstellen, welches auf dem Hyperboloid verläuft. Verbindet man je zwei aufeinanderfolgende Seiten dieses Sechsecks durch eine Ebene, so erhält man die sechs Seitenflächen eines Parallelepipeds, von

welchem $\mathfrak{a}\mathfrak{a}_1$ $\mathfrak{b}\mathfrak{b}_1$ $\mathfrak{c}\mathfrak{c}_1$ drei Paar Gegenecken sind, während das vierte Paar Gegenecken $\mathfrak{d}\mathfrak{d}_1$ nicht auf dem Hyperboloid liegt. Bezeichnen wir die vier Diagonalen des Parallelepipeds durch

$$\mathfrak{a}\mathfrak{a}_1 = a \quad \mathfrak{b}\mathfrak{b}_1 = b \quad \mathfrak{c}\mathfrak{c}_1 = c \quad \mathfrak{d}\mathfrak{d}_1 = d$$

so sind die drei ersteren zugleich die drei Hauptdiagonalen des räumlichen Sechsecks. Eine durch zwei parallele Gegenkanten des Parallelepipeds gelegte Ebene, welche dasselbe halbirt und eine Diagonalebene des Parallelepipeds ist, bildet ein Parallelogramm, dessen vier Ecken zwei Paare von Gegenecken des Parallelepipeds sind. Wir erhalten demgemäss sechs Diagonal-Parallelogramme, deren Flächeninhalte wir so bezeichnen:

Parallelogramm	$[\mathfrak{b}\mathfrak{c}\mathfrak{b}_1\mathfrak{c}_1] = p$	Parallelogramm	$[\mathfrak{d}\mathfrak{a}\mathfrak{d}_1\mathfrak{a}_1] = p_1$
	$[\mathfrak{c}\mathfrak{a}\mathfrak{c}_1\mathfrak{a}_1] = q$		$[\mathfrak{d}\mathfrak{b}\mathfrak{d}_1\mathfrak{b}_1] = q_1$
	$[\mathfrak{a}\mathfrak{b}\mathfrak{a}_1\mathfrak{b}_1] = r$		$[\mathfrak{d}\mathfrak{c}\mathfrak{d}_1\mathfrak{c}_1] = r_1$

Ist endlich v das Volumen des Parallelepipeds, so gelten für das gegebene einschalige Hyperboloid, wie auch die drei Paare paralleler Erzeugender auf demselben gewählt werden mögen, die drei Beziehungen:

$$\left\{\begin{array}{ll} \text{I.} & v = \text{const.} \quad \text{(Bauer)} \\ \text{II.} & a^2 + b^2 + c^2 - d^2 = \text{const.} \\ \text{III.} & p^2 + q^2 + r^2 - p_1{}^2 - q_1{}^2 - r_1{}^2 = \text{const.} \end{array}\right.$$

Für den besonderen Fall dreier Normalstrahlen auf dem gleichseitigen Hyperboloid giebt die erste Beziehung den schon von Herrn Vogt bewiesenen Satz, dessen allgemeine Gültigkeit Herr Bauer nachgewiesen hat, die zweite Beziehung (da $a = b = c = d$ wird wegen der Rechtwinkligkeit des Parallelepipeds) die von H. Vogt angegebene Eigenschaft, dass die Ecken aller solcher Parallelepipeda auf einer Kugelfläche liegen, endlich die dritte Beziehung (da $p_1 = p$, $q_1 = q$, $r_1 = r$ wird) den besonderen Werth

Null der Konstanten, woraus die bekannte Bedingung für das gleichseitige Hyperboloid hervorgeht.

Die aus irgend drei Paaren von parallelen Erzeugenden eines einschaligen Hyperboloids bestehende Figur lässt eine doppelte Auffassung zu; in dem räumlichen Sechseck, dessen Seiten die abwechselnd den beiden Regelschaaren angehörigen Erzeugenden sind, können sowohl die Schnittpunkte je zweier auf einander folgender Seiten:

$$\mathfrak{a}\ \mathfrak{b}_1\ \mathfrak{c}\ \mathfrak{a}_1\ \mathfrak{b}\ \mathfrak{c}_1$$

als Ecken eines Sechsecks, wie auch die je zwei aufeinanderfolgende Seiten verbindenden Ebenen als Seitenflächen eines Sechsflachs aufgefasst werden; das letztere ist oben geschehen und das von diesen sechs Berührungsebenen des Hyperboloids gebildete Parallelepiped bot die oben ausgesprochenen Eigenschaften dar. Wählen wir aber die erstere Auffassung, so bilden die sechs Punkte $\mathfrak{a}\ \mathfrak{b}_1\ \mathfrak{c}\ \mathfrak{a}_1\ \mathfrak{b}\ \mathfrak{c}_1$ ein räumliches Sechseck oder in gewöhnlicher Ausdrucksweise die sechs Ecken eines (schiefwinkligen) Oktaëders, dessen drei schiefwinklige Axen die drei Hauptdiagonalen

$$\mathfrak{a}\ \mathfrak{a}_1 \quad \mathfrak{b}\ \mathfrak{b}_1 \quad \mathfrak{c}\ \mathfrak{c}_1$$

sind. Dieses Oktaëder hat also 6 Ecken, 8 Seitenflächen und 12 Kanten.

Von den 12 Kanten des Oktaëders liegen sechs als Erzeugende auf dem Hyperboloid, die sechs übrigen nicht; von den acht Seitenflächen des Oktaëders sind sechs Berührungsebenen des Hyperboloids, die beiden übrigen nicht; unsere obigen drei Sätze lassen sich nun mit Rücksicht auf diese Auffassung des Oktaëders so aussprechen:

I. Der räumliche Inhalt des Oktaëders bleibt von unveränderlichem Werthe.

II. Die Summe der Quadrate derjenigen sechs Kanten des Oktaëders, welche Erzeugende

des Hyperboloids sind, vermindert um die Summe der Quadrate der sechs übrigen Kanten des Oktaëders, bleibt von unveränderlichem Werthe.

III. Die Summe der Quadrate derjenigen sechs Seitenflächen des Oktaëders, welche Berührungsebenen des Hyperboloids sind, vermindert um die Summe der Quadrate der beiden übrigen Seitenflächen des Oktaëders, bleibt von unveränderlichem Werthe.

Hieran knüpfte Herr Bauer einige Bemerkungen:

„Ueber Tripel von Geraden, welche auf einem Hyperboloid liegen."

Den allgemeinen Satz über das geradlinige Hyperboloid, welchen ich der hohen Classe vorigen Sommer mittheilte und auf welchen Herr Schröter Bezug nimmt, habe ich aus einer von Herrn Vogt gefundenen Eigenschaft spezieller Tripel auf einem speziellen Hyperboloid abgeleitet. Es ergaben sich mir aber damals schon durch dieselbe Betrachtung unmittelbar noch mehrere Sätze über Tripel von Geraden, die auf einem Hyperboloid liegen, welche ich, veranlasst durch die Mittheilung von Herrn Schröter, hier nachtragen will.

1) Ist ein geradliniges Hyperboloid U gegeben und eine andere zu U concentrische Fläche zweiter Ordnung U′, und wir nehmen an (wozu nur eine Bedingung zu erfüllen ist), dass U′ ein Tripel von conjugirten Durchmessern habe, welche auf dem Asymptotenkegel von U liegen, so hat U′ einfach unendlich viele solche Tripel und es gibt dann auf dem Hyperboloid in der einen und andern Regelschaar un-

endlich viele Tripel von Geraden, welche Tripeln conjugirter Durchmesser von U′ parallel sind. Ein solches Tripel der einen Regelschaar und die Parallelen der andern Schaar bilden auf dem Hyperboloid ein räumliches Sechseck, dessen Seiten conjugirten Durchmessern von U′ parallel sind.

Nun hat Herr Vogt[1]) nachgewiesen, dass, wenn das Hyperboloid Tripel von zu einander rechtwinkligen Geraden hat, die Ecken aller durch diese Tripel bestimmten Sechsecke auf dem Durchschnitt des Hyperboloids mit einer concentrischen Kugel liegen. Bemerkt man nun, dass die spezielle Eigenschaft dieses „gleichseitigen" Hyperboloids darin besteht, dass es Tripel von Geraden hat, welche zu Tripeln conjugirter Durchmesser einer Kugel parallel sind, so ergibt sich durch affine Transformation, da bei derselben ähnliche und ähnlich liegende Flächen sich wieder in solche transformiren, folgender allgemeine Satz:

I. Liegt auf einem Hyperboloid U ein Sechseck, dessen Seiten paarweise zu einem Tripel conjugirter Durchmesser einer andern Fläche U′ 2ter Ord. parallel sind, so liegen auf U unendlich viele solche Sechsecke und die Ecken aller dieser Sechsecke liegen auf dem Durchschnitt von U mit einer concentrischen zu U′ ähnlichen und ähnlich liegenden Fläche 2ter Ord. V.

2) Wir können nun aber auch den reciproken Fall betrachten und annehmen, die Fläche U′ habe ein Tripel conjugirter Diametralebenen, welche den Asymptotenkegel des Hyperboloids U berühren; dann gibt es einfach unendlich viele solche Tripel. Jede Ebene, welche den Asymptotenkegel von U berührt, enthält aber zwei zu der Berührungslinie parallele Gerade des Hyperboloids U und ein Tripel von solchen Ebenen schneidet daher aus U ein Sechseck

1) Journ. v. Borch. Bd. 86. S. 297 „Ueber ein besonderes Hyperboloid."

aus, aus Paaren paralleler Geraden gebildet. Die zwei Geraden auf einer Ebenen gehören den zwei Regelschaaren an; die eine sei die Gerade λ_1, die zweite die Gerade μ_1; auf einer zweiten Ebene liegen die zwei Parallelen λ_2, μ_2. Diese Geraden schneiden sich auf dem Durchschnitt der zwei Ebenen in zwei Punkten $(\lambda_1 \mu_2)$ und $(\lambda_2 \mu_1)$. Drei conjugirte Diametralebenen von U′, welche den Asymptotenkegel von U berühren, schneiden mithin aus U ein Sechseck, von Paaren paralleler Geraden gebildet, aus, dessen drei Hauptdiagonalen Tripel conjugirter Durchmesser von U′ sind.

Wir erhalten dann den in gewissem Sinne zum vorigen reciproken Satz:

II. Liegt auf einem Hyperboloid U ein Sechseck, von Paaren paralleler Seiten gebildet, dessen Hauptdiagonalen ein Tripel conjugirter Durchmesser einer zweiten Fläche U′ sind, so gibt es einfach unendlich viele solche Sechsecke auf dem Hyperboloid. Die Ebenen der Ecken aller dieser Sechsecke, oder mit anderen Worten die Seitenflächen der Parallelepipede bestimmt durch diese Sechsecke (Tangentialebenen von U) umhüllen eine mit U concentrische zu U′ ähnlich und ähnlich gelegene Fläche 2ter Ord. W.

3) Es lassen sich aber nun auch diese Flächen V und W ganz allgemein analytisch bestimmen.

Nehmen wir zunächst an, es seien die beiden Flächen U und U′ in der Form gegeben:

$$\frac{x^2}{a} + \frac{y^2}{b} + \frac{z^2}{c} = 1 \qquad 1)$$

und

$$\frac{x^2}{A} + \frac{y^2}{B} + \frac{z^2}{C} = 1 \qquad 2)$$

und die erste Fläche U habe Tripel von Geraden parallel zu Tripeln conjugirter Durchmesser der zweiten Fläche U′, so muss die Bedingung erfüllt sein:

$$\frac{A}{a} + \frac{B}{b} + \frac{C}{c} = 0 \qquad 3)$$

und es findet sich sodann für die Fläche V des Satzes I die Gleichung:

$$\frac{x^2}{A} + \frac{y^2}{B} + \frac{z^2}{C} = \frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \frac{c}{C} \qquad 4)$$

Man bemerke, dass, wenn die Fläche U 1) ein geradliniges Hyperboloid ist, die Fläche U′ eine beliebige Fläche sein kann, nur können, wenn U′ ebenfalls ein geradliniges Hyperboloid ist, die uneigentlichen Axen der zwei Hyperboloide nicht zusammenfallen.

Die Fläche V 4) ist immer reell, und zwar

a) wenn U′ ein Ellipsoid oder eine imaginäre Fläche ist, ein Ellipsoid;

b) wenn U′ ein ein- oder zweischaliges Hyperboloid ist, ein zweischaliges Hyperboloid. [1])

Nehmen wir aber nun an, dass die Fläche U′ 2) Tripel conjugirter Diametralebenen habe, welche dem Asymptotenkegel von U 1) umschrieben sind, so bedingt dieses die Relation:

$$\frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \frac{c}{C} = 0 \qquad 5)$$

Die Fläche 2) schreibt sich sodann in Ebenencoordinaten:

$$A u^2 + B v^2 + C w^2 = 1$$

---

1) Ist speziell die Fläche U′ eine Kugel, so haben wir den von Herrn Vogt betrachteten Fall des gleichseitigen Hyperboloids. Die Bedingung hiefür wird:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} = 0$$

und die Fläche V wird die Kugel:

$$x^2 + y^2 + z^2 = a + b + c.$$

und dieselbe Analyse gibt uns die Gleichung der Fläche W des Satzes II in der Form: [1])

$$A u^2 + B v^2 + C w^2 = \frac{A}{a} + \frac{B}{b} + \frac{C}{c} \qquad 6)$$

oder in Punktcoordinaten:

$$\frac{x^2}{A} + \frac{y^2}{B} + \frac{z^2}{C} = \frac{1}{\frac{A}{a} + \frac{B}{b} + \frac{C}{c}}.$$

Es ist übrigens leicht zu sehen, dass ein und dieselbe Fläche 2) nicht die beiden Voraussetzungen, die wir hier gemacht und durch die Bedingungsgleichungen 3) und 5) analytisch definirt sind, zugleich erfüllen kann.

4) Diese für die speziellen Formen 1) 2) der zwei Flächen U, U′ erhaltenen Resultate lassen sich nun sofort verallgemeinern.

Sei

$$U = a_{11} x^2 + a_{22} y^2 + a_{33} z^2 + 2 a_{12} xy + 2 a_{13} xz + 2 a_{23} yz$$

$$U' = a'_{11} x^2 + a'_{22} y^2 + a'_{33} z^2 + 2 a'_{12} xy + 2 a'_{13} xz + 2 a'_{23} yz$$

und die Gleichung der zwei concentrischen Flächen in der Form gegeben:

$$U = 1 \qquad 7)$$

$$U' = 1 \qquad 8)$$

---

1) Ist die Fläche U′ eine Kugel, so hat das Hyperboloid Sechsecke mit Paaren paralleler Seiten, deren Hauptdiagonalen rechtwinklig zu einander sind. Die Bedingung hiefür wird:

$$a + b + c = 0$$

Die durch diese Sechsecke bestimmten Parallelepipede umhüllen die Kugel:

$$x^2 + y^2 + z^2 = \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c}}.$$

wo der gemeinschaftliche Mittelpunkt zum Anfangspunkt der Coordinaten genommen ist.

Die Invarianten Φ und Θ eines Systems zweier Flächen 2ter Ordnung [1]) gehen für die zwei Flächen 7) 8) (da hier $a_{14} = a_{24} = a_{34} = 0$ und $a'_{14} = a'_{24} = a'_{34} = 0$ ist) über in

$$\begin{aligned} \varphi = a_{11}(a'_{22}a'_{33} - a'^2_{23}) + a_{22}(a'_{11}a'_{33} - a'^2_{13}) \\ + a_{33}(a'_{11}a'_{22} - a'^2_{12}) + 2a_{23}(a'_{13}a'_{12} - a'_{11}a'_{23}) \\ + 2a_{13}(a'_{21}a'_{23} - a'_{22}a'_{13}) + 2a_{12}(a'_{31}a'_{32} - a'_{33}a'_{12}) \end{aligned} \tag{9}$$

und

$$\begin{aligned} \Theta = a'_{11}(a_{22}a_{33} - a^2_{23}) + \cdot + \cdot \\ + 2a'_{23}(a_{13}a_{12} - a_{11}a_{23}) + \cdot + \cdot \end{aligned} \tag{10}$$

Diese Grössen φ und Θ sind Invarianten für affine Transformation. Für die Flächen 1) und 2) reducirt sich φ auf

$$\frac{1}{ABC}\left(\frac{A}{a} + \frac{B}{b} + \frac{C}{c}\right)$$

und ebenso Θ auf

$$\frac{1}{abc}\left(\frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \frac{c}{C}\right).$$

Es sind aber zugleich die Grössen abc und ABC, welche das Volumen des Parallelepipeds gebildet von drei conjugirten Durchmessern der Fläche darstellen, Invarianten für affine Transformation. Durch dieselbe geht nämlich $\frac{1}{abc}$ über in

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \tag{11}$$

und $\frac{1}{ABC}$ in

1) Salmon „An. Geom. des Raumes", bearb. v. Fiedler, 2. Aufl. I. Th. Cap. IX.

$$\Delta' = \begin{vmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{vmatrix} \qquad 12)$$

Es sind mithin die Ausdrücke

$$\frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \frac{c}{C} \text{ und } \frac{A}{a} + \frac{B}{b} + \frac{C}{c}$$

absolute Invarianten für affine Transformation.

Transformiren wir daher die Flächen 1) 2) affin in die Flächen 7) und 8)

$$U = 1, \quad U' = 1,$$

so tritt an die Stelle der Bedingungsgleichung 3) die Gleichung

$$\varphi = 0 \qquad 13)$$

und die Gleichung der Fläche V wird

$$U' = \frac{\theta}{\Delta}. \qquad 14)$$

An die Stelle der Bedingungsgleichung 5) tritt die Gleichung

$$\theta = 0 \qquad 15)$$

und die Gleichung der Fläche W wird

$$U' = \frac{\Delta'}{\varphi}. \qquad 16)$$

5) Man bemerke nun noch, dass die zwei Invarianten θ und φ durch Vertauschung der a und a' oder von U und U' in einander übergehen. Hierin spricht sich zunächst analytisch der Satz von Hesse aus: [1]) „Ist ein Kegelschnitt K einem Dreieck umschrieben, das einem zweiten Kegelschnitt K' conjugirt ist, so ist gleichzeitig dieser zweite Kegelschnitt K' einem Dreieck eingeschrieben, das dem ersten Kegelschnitt K conjugirt ist, und umgekehrt."

1) Hesse, Vorles. über anal. Geometrie des Raumes 1861, S. 715.

Für geradlinige Hyperboloide ergibt sich daraus folgender Satz:

„Sind

$$U = 1, \quad U' = 1$$

zwei concentrische geradlinige Hyperboloide, und es findet die Bedingung

$$\varphi = 0$$

statt, so besteht zwischen den zwei Hyperboloiden U, U′ eine gewisse Reciprocität in der Weise, dass die Fläche U Sechsecke enthält, gebildet aus Paaren paralleler Seiten, welche zu drei conjugirten Durchmessern von U′ parallel sind, und zugleich U′ Sechsecke enthält, deren Hauptdiagonalen drei conjugirte Durchmesser von U sind. Die Sechsecke auf U sind zugleich der Fläche V

$$U' = \frac{\Theta}{\Delta}$$

eingeschrieben; die Parallelepipede bestimmt durch die Sechsecke auf U′ sind zugleich der Fläche W

$$U = \frac{\Delta}{\Theta}$$

umschrieben. Die Flächen V und W sind zweischalige Hyperboloide.“

Berichtigung.

In der Mittheilung von W. von Beetz pag. 161 dieses Heftes ist zu lesen:

pag. 161 Z. 1 von unten „dieselbe gleichzeitig“ statt „B“.
„ 162 „ 10 „ oben A statt B.
„ 162 „ 12 „ „ B „ A.

Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

Vom Museum of comparative zoology in Chambridge, Mass:

a. Memoirs. Vol. VII. 1880. 4°.
b. Bulletin. Vol. 7. 1880. 8°.

Von der Chemical Society in London:

Journal Nr. 214 (Sept. 1880). 8°.

Von der Geological Society in Glasgow:

Transactions. Vol. VI. 1879. 8°.

Von der Zoological Society in London:

Proceedings 1880. Part. II. 8°.

Vom Reale Osservatorio di Brera in Mailand:

Pubblicazioni Nr. XVI. Sui Temporali, relazione di G. Schiaparelli e P. Frisiani. 1880. 4°.

Vom Museo nacional in Rio de Janeiro:

Archives. Vol. III. 1877—78. 4°.

Von der astronomischen Gesellschaft in Leipzig:

Vierteljahresschrift. 15. Jahrgang. 1880. 8°.

Von der Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien:

Jahrbücher. Jahrgang 1877. Neue Folge Bd. XIV. 1880. 4⁰.

Von der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

a. Gemeinfassliche Mittheilungen aus den Untersuchungen der Kommission. 1880. 8⁰.

b. Ergebnisse der Beobachtungs-Stationen. Jahrg. 1880. 4⁰.

Von der deutschen geologischen Gesellschaft in Berlin:

a. Zeitschrift. Bd. XXXII. 1880. 8⁰.

b. Gedenkworte am Tage der Feier des 100 jährigen Geburtstages von Chr. Sam. Weiss den 3. März 1880. 8⁰.

Von der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. Bd. XXII. 1879. 8⁰.

Von der deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin:

Berichte. XIII. Jahrgang Nr. 15. Berlin 1880. 8⁰.

Von der Académie royal de médecine in Brüssel:

Mémoires couronnées in 8⁰. Tom. 6. fasc. 1. 1880. 8⁰.

Vom Siebenbürgischen Verein für Naturwissenschaften in Hermannstadt:

Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 30. 1880. 8⁰.

Von der anthropologischen Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. Bd. X. 1880. 8⁰.

Von der Philosophical Society in Adelaide South Australia:

Transactions und Proceedings for 1878—79. 8⁰.

Vom Verein für Naturwissenschaft in Braunschweig:

Jahresbericht für die Jahre 1879/80. 8°.

Vom physikalischen Verein in Frankfurt a/M.:

Jahresbericht für das Jahr 1878—79. 1880. 8°.

Von der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg:

Schriften. Jahrg. 20. 1879. Abth. II.
„ „ 21. 1880. „ I. 4°.

Von der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien:

a. Jahrbuch. Jahrgang 1880. Bd. 30. 8°.
b. Verhandlungen 1880. Nr. 6—11. 8°.

Vom Verein für Naturkunde in Fulda:

VI. Bericht. 1880. 8°.

Von der landwirthschaftlichen Centralschule in Weihenstephan:

Jahresbericht für 1879/80. Freising 1880. 8°.

Von der schweizerischen geologischen Kommission in Bern:

Geologische Karte der Schweiz. Blatt IV und V. 1880.

Von der neuen zoologischen Gesellschaft in Frankfurt a/M.:

Der zoologische Garten. 21. Jahrgang. 1880. 8°.

Vom k. preussischen geodätischen Institut in Berlin:

Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen den Sternwarten von Göttingen und Altona. Von C. A. F. Peters. Kiel 1880. 4°.

Von der Verwaltung der kgl. Sammlungen in Dresden:

Mittheilungen aus dem mineralogischen Museum Heft 3. Cassel 1880 4°.

Von der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien:

a. Denkschriften: Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. Band 41. 1880. 1879. 4°. Band 40 und 42. 1880. 4°.

b. Sitzungsberichte: Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe.

I. Abth. Bd. 79 Heft 1—5. Bd. 80 Heft 1—5
Bd. 81 Heft 1—5. Bd. 82 Heft 1—2

II. Abth. Bd. 79 Heft 4—5. Bd. 80 Heft 1—5
Bd. 81 Heft 1—3.
Bd. 81 Heft 4—5. Bd. 82 Heft 1—2

III. Abth. Bd. 80 Heft 1—5. Bd. 81 Heft 1—3
Bd. 81 Heft 4—5. Bd. 82 Heft 1—2

und Register zu Bd. 70—80. 1879—80. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein in Osnabrück:

4. Jahresbericht für das Jahr 1876—1880. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Danzig:

Danzig in naturwissenschaftlicher und medizinischer Beziehung. 1880. 8°.

Vom Verein für Erdkunde in Leipzig:

Mittheilungen 1879. 1880. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein in Hamburg:

a. Abhandlungen. Bd. VII. 1880. 4°.
b. Verhandlungen. Neue Folge IV. 1880. 8°.

Von der Lese- und Redehalle an der k. k. technischen Hochschule in Wien:

Jahresbericht für das Jahr 1879/80. 1880. 8°.

Von der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien:

Grundlinien der Geologie von Bosnien, Herzegovina von Ed. v. Mojsisowitz, E. Tietze und A. Bittner. 1880. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen medizinischen Verein in Innsbruck:

Berichte. X. Jahrgang 1879. 1880. 8°.

Von der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien:

Jahrbücher. Neue Folge. Band XV Theil I.
„ XVI „ I. 1880. 4°.

Vom Verein für Naturkunde in Offenbach:

19—21. Bericht für die Jahre vom 13. Mai 1877 bis 29. April 1880. 8°.

Vom naturhistorischen Landes-Museum für Kärnthen in Klagenfurt:

a. Jahrbuch. Heft 14. 1880. 8°.
b. Bericht 1879. 1879. 1880. 8°.

Von der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Jokohama:

Mittheilungen. August 1880. Folio.

Von der Société des sciences naturelles in Neuchatel:

Bulletin. Tom. XII cahier 1. 1880. 8°.

Von der Société des sciences physiques et naturelles in Bordeaux:

Mémoires. Tom. IV cahier 1.

Von der Société entomologique de Belgique in Brüssel:

Assemblée générale extraordinaire le 16. October 1880. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft Graubündens in Chur:

Jahresbericht. Neue Folge. XXII. Jahrgang 1877/78. 1879. 8°.

Von der Zoological Society in London:

Proceedings 1880. Part. III. 8°.

Vom naturhistorischen Verein der preussischen Rheinlande in Bonn:

Verhandlungen. 36. Jahrgang 2. Theil und 37. Jahrgang 1. Theil. 1879—80. 8°.

Vom R. Osservatorio di Brera in Mailand:

Pubblicazioni. Nr. VI. XV. 1875—1880. °.

Von der Société Impériale des Naturalistes in Moskau:

Bulletin 1880. Nr. 1. 1880. 8°.

Vom Radcliffe Observatory in Oxford:

Results of astronomical Observations. Vol. 36. 1880. 8°.

Vom Verein für Erdkunde in Dresden:

Jahresbericht: XVI. und XVII. geschäftlicher Theil. XVII. wissenschaftlicher Theil mit 1 Nachtrag. 1880. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Altenburg:

Mittheilungen aus dem Osterlande. Neue Folge. 1880. 8°.

Von der oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Giessen:

19. Bericht. 1880. 8°.

Vom Nassauischen Verein für Naturkunde in Wiesbaden:

Jahrbücher. Jahrg. 31. und 32. 1878 und 1879. 8°.

Von der Sternwarte des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich:

Schweizerische meteorologische Beobachtungen.

14. Jahrg. 1877 Lief. 7 und Beilagen
15. „ 1878 „ 5
16. „ 1879 „ 2—4

Supplementband Lief. 5. Zürich 1880. 4°.

Von der R. Astronomical Society in London:

Monthly Notices. Vol. 41. London 1880. 8°.

Von der Geological and Geographical Survey of the Territories in Washington:

a) Bulletin. Vol. V. Nr. 4. 1880 8°.
b) Miscellaneous Publications. Nr. 12. History of North American Pinnipeds by Jos. Asaph Allen. 1880. 8°.

Von der kgl. Akademie der Wissenschaften in Stockholm:

Fragmenta Silurica edd. N. P. Angelin et G. Lindström Holmiae 1880.

Von der Société Hollandaise des Sciences in Harlem:

a) Archives Neerlandaises Tom. XV. 1880. 8°.
b) Naturkundige Verhandlungen 3. Verz. Deel IV. 1880. 4°.

Von der Finländischen Gesellschaft der Wissenschaften in Helsingfors:

a) Bidrag till Kännedom af Finlands Natur och Folk. Heft 32. 1879. 8°.
b) Observations meteorologiques. Année 1878. 1880. 8°.

Von der Société Linnéenne de Normandie in Caen:

Bulletin: 3e Série Année 1876—77 et 1877—78. 8°.

Vom Argentine National Observatory in Córdoba:

Uranometria Argentina. Mit 1 Atlas in gross-Folio. 1879.

Von der kgl. Akademie der Wissenschaften in Stockholm:

Palaeontologia Scandinavica auctore N. P. Angelin. Pars I. Holmiae 1878. 4°.

Vom Institut Royal météorologique des Pays-Bas in Utrecht:

Nederlandsch. Meteorologisch Jaarbook voor 1879. Deel I. 1880. 4°.

Vom Museum of comparative Zoology et Harvard College in Cambridge Mass:

a) Memoirs. Vol. VI Nr. 1.
„ VII „ 2. Part. I. 1880. 4°.
b) Annual Report for. 1879—80. 1880. 8°.

Vom Herrn le Docteur Robinski in Berlin:

De l'influence des eaux malsaines sur le développement du typhus exanthematique. Paris 1880. 8°.

Vom Herrn Joh. N. Woldrich in Wien:

Diluviale Fauna von Zuzlawitz bei Winterberg im Böhmerwalde. 1880. 8°.

Vom Herrn Edm. Hebert in Paris:

a) Description de deux espèces d' Hemipneustes de la Craie supérieurs des Pyrenées. 1875. 8°.
b) Recherches sur l'âge des grès à combustibles d' Helsingborg. 1869. 8°.
c) Remarques sur quelques Fossiles de la Craie du Nord de l' Europe 1878. 8°.
d) Histoire géologique du canal de la Manche. 1880. 4°.

Vom Herrn W. E. Woodbridge in Washington:

Measurement of powder pressures in cannon. 1879. 8°.

Vom Herrn C. v. Orff in München:

Johann von Lamont. Leipzig 1880. 8°.

Vom Herrn Ignazio Cameletti in Genova:

Il binomio di Newton. 1880. 8°.

Vom Herrn M. A. Stern in Göttingen:

Beiträge zur Theorie der Bernoulli'schen und Euler'schen Zahlen. 2. Beitrag. 1880. 4°.

Vom Herrn Gerhard vom Rath in Bonn:

a. Mineralogische Mittheilungen. (Neue Folge). Leipzig 1880. 8°.
b. Vorträge und Mittheilungen. 1880. 8°.

Vom Herrn Ed. Regel in St. Petersburg:

Descriptiones plantarum novarum fasc. VII. 1879. 8°.

Vom Herrn E. Plantamour in Genf:

Nivellement de précision de la Suisse. Livr. 7. 1880. 4°.

Vom Herrn A. Koelliker in Würzburg:

Die Entwicklung der Keimblätter des Kaninchens. Sep.-Abdr. 1880. 8°.

Vom Herrn Hermann Kolbe in Leipzig:

Journal für praktische Chemie. Neue Folge. Bd. 22 Heft 1—4. 1880. 8°.

Vom Herrn Ferd. von Müller in Melbourne:

Eucalyptographia. VI. Decade. 1880. 4°.

Vom Herrn August Lefébure in Privas (Ardèche):

Mémoire sur les résidus des puissances. 1880. 8°.

Vom Herrn Hermann von Schlagintweit-Sakünlünsky in München:

Die Compositae des Herbarium Schlagintweit, bearbeitet von F. W. Klatt. Halle 1880. 4⁰.

Vom Herrn W. Holtz in Greifswald:

Ueber die Zunahme der Blitzgefahr und ihre vermuthlichen Ursachen. 1880. 8⁰.

Vom Herrn A. Preudhomme de Borre in Brüssel:

Étude sur les espèces de la tribu des Féronides. 1880. 8⁰.

Vom Herrn Wilhelm Schlemüller in Prag:

Vier physikalische Abhandlungen. Prag 1881. 8⁰.

Vom Herrn Gustavus Hinrichs in Jowa City:

Report of the Jowa Weather. Service. 1878 Jan.—April und Sept.—Dec. des Moines 1880. 8⁰.

Vom Herrn Giovanni Omboni in Padua:

Denti die ippopotamo de aggiungersi alla fauna fossile del Veneto. Venezia 1880. 4⁰.

Vom Herrn Ed. Regel in St. Petersburg:

Gartenflora. Nov. 1880. Stuttgart 1880. 8⁰.

Vom Herrn Edm. Hébert in Paris:

Recherches sur la craie supérieure du versant septentrional des Pyrénées. 1880. 4⁰

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 5. März 1881.

Herr A. Vogel hielt einen Vortrag:

„Ueber Sickerwasser."

Schon sehr zahlreiche Versuche sind seit Jahren über
ie wichtige Frage der Bodendurchsickerung, in quantitativer
nd qualitativer Beziehung, angestellt worden. Die gebräuch-
ichste Versuchsmethode bestand bisher wie bekannt darin,
ass man Lysimeter von 1□' Flächeninhalt anwendete, die
' bis 4' in den Boden gegraben und mit den zu prüfenden
rden angefüllt waren. Die durchgelaufenen Wassermengen
onnten mittelst eines Rohres abgelassen, gemessen und
uf ihren Inhalt untersucht werden. Die an meteorologischen
tationen vielfach gesammelten Erfahrungen haben indess
euerer Zeit gezeigt, dass diese lysimetrische Methode un-
enügend ist und somit meistens unbrauchbare Resultate
efert. Bewegung und Verdunsten der Bodenfeuchtigkeit
n den Lysimeterkästen kann nämlich, wie man sich wieder-
olt zu überzeugen Gelegenheit hatte, nicht in normaler
Veise stattfinden, indem sich nach einiger Zeit im unteren

Theile der Lysimeterkästen eine so grosse Menge Wassers ansammelt, dass die Erde daselbst weit mehr Wasser enthält, als die Erde ausserhalb der Lysimeter in gleicher Tiefe. Diese Erscheinung erklärt sich wohl einfach dadurch, dass die Wände der Lysimeterkästen die horizontale capillare Verbreitung des Bodenwassers und die nöthige Luftcirculation verhindern, folglich eine geringere Verdunstung veranlassen. Ausserdem hat sich auch eine Bodenfläche von 1 Quadratfuss als offenbar viel zu klein herausgestellt, um nur einigermassen annähernd entsprechende Resultate zu bieten.

Diese Uebelstände hat mein hochgeehrter Freund und College Herr Prof. Dr. E. Ebermayer, dessen Forschungen die Wissenschaft bekanntlich so zahlreiche Erfolge grösster Tragweite verdankt, in vollkommen erschöpfender Weise beseitigt.

In dem neuen für forstliche Zwecke bestimmten Versuchsgarten in München sind nach Prof. Ebermayer's Anordnung auf einer entsprechend ausgedehnten Fläche seit einiger Zeit Durthsickerungsversuche eingeleitet worden. Nachdem die Erde über 1 Meter Tiefe ausgehoben war, wurde die Oberfläche in 5 Quadrate von je 4 Quadratmeter Fläche eingetheilt, durch 0,45 Meter dicke Scheidewände von einander getrennt. Um die letzteren für Luft durchdringlich zu machen, geschah die Ausfüllung derselben mit einer Mischung von Kalkkies, Kalksand und Cement, die in kurzer Zeit vollkommen verhärtete. Die Sohle jeder 4 Quadratmeter grossen Grube erhielt eine trichterförmige Vertiefung und wurde mit Cement vollkommen wasserdicht hergestellt, so dass alles auf derselben sich ansammelnde Wasser an der tiefsten Stelle in der Mitte durch ein daselbst angebrachtes weites Rohr von Steingut abfliessen muss. Die Enden dieser Abzugsrohre münden in einem unterirdischen ausgemauerten Gewölbe von 1,2 m Breite,

2 m Höhe und 5 m Länge, wodurch genügender Raum zum Sammeln des durchgesickerten Wassers in grossen Cylindern und zum Abmessen desselben vorhanden ist. Die Gruben wurden mit den zu prüfenden Erden angefüllt und die Erden mässig eingestampft. Die Bodenarten, welche bis jetzt in solcher Weise zur Untersuchung gelangten, sind folgende fünf:

Moorerde,
feiner Kalksand,
Lehm,
grober Quarzsand,
feiner Quarzsand.

Sobald die Versuche einige Jahre fortgesetzt sind, wird die Einrichtung so getroffen, dass immer je zwei Gruben mit derselben Bodenart gefüllt werden, deren erste eine Pflanzendecke oder eine Streudecke (Laub, Nadeln, Moos) erhält, die zweite unbesät bleibt, um sowohl den Einfluss verschiedener Vegetationsdecken, als auch den Einfluss verschiedener Streudecken auf die Feuchtigkeit der einzelnen Bodenarten ermitteln zu können. Zugleich wird sich hieraus auch die Wasserverdampfung verschiedener Pflanzengattungen in entsprechender Weise ergeben, — ein Gegenstand, welchen ich schon früher auf mannigfachen Wegen[1]) aufzuklären bestrebt war.

Ohne selbstverständlich einer grösseren ausführlichen Arbeit, wie sie die Folge ergeben wird, über diesen Gegenstand vorgreifen zu wollen, möchte ich vorläufig nur kurze Mittheilung geben über einige Versuche, welche über die Qualität dieser fünf Sickerwasser ausgeführt worden sind. Die bisher vorgenommene Untersuchung bezieht sich zunächst auf drei verschiedene Richtungen, nämlich um vorläufige Anhaltspunkte zu gewinnen zur Beurtheilung der

1) Akadem. Sitzungsberichte 1878. November. S. 539.

in den Sickerwassern enthaltenen Mineralbestandtheile, der organischen Bestandtheile und der salpetersauren Salze; es soll im Folgenden vorläufig nur auf die Verschiedenheit der Sickerwasser im Allgemeinen aufmerksam gemacht werden, wie solche die einzelnen Erden bedingen.

I.

Bestimmung des festen Rückstandes.

Die quantitative Bestimmung des festen Rückstandes der Sickerwasser geschah durch allmäliges Abrauchen eines Liters Wasser auf dem Wasserbade in einer geräumigen Platinschaale und Trocknen des Rückstandes in der Platinschaale über Schwefelsäure.

Als allgemeine Bemerkung ist noch vorauszuschicken, dass keines der untersuchten Sickerwasser, nach der Methode von Pettenkofer mit Rosolsäure geprüft, einen Gehalt an freier Kohlensäure gezeigt hat.

Für den Gehalt an festem Rückstande ergaben sich als Durchschnitt mehrerer nahe übereinstimmender Versuche folgende Zahlen:

Fester Rückstand im Liter

1)	Lehmsickerwasser	1,20 grm
2)	Kalksickerwasser	0,96 „
3)	Moorsickerwasser	0,81 „
4)	Quarzsickerwasser, grob	0,22 „
5)	Quarzsickerwasser, fein	0,02 „

Vor Allem musste der unverhältnissmässig grosse Gehalt des Lehmsickerwassers an festem Rückstande überraschen, — diess um so mehr, als der Lehmboden, welchen das Sickerwasser durchdrungen hatte, mit Salzsäure in der Kälte kein Aufbrausen zeigte, die Kohlensäureentwicklung beginnt erst beim Erwärmen.

Die auffallende Thatsache, dass das Lehmsickerwasser eine grössere Menge festen Rückstandes und zwar vorzugsweise Kalkcarbonat enthält, als das Kalkbodensickerwasser, erklärt sich

a) durch das längere Verweilen des durchsickernden Wassers im Lehm, während es durch den Kalkboden weit schneller hindurchfliesst, somit in ersterem eine längere Zeit dem Lösungsmittel zur Einwirkung gestattet ist.

b) Durch die feinere Vertheilung des Calciumcarbonates im Lehme, während der grobkörnige Kalkboden dem Lösungsmittel weniger ausgedehnte Angriffspunkte bietet.

c) Durch den Dolomitgehalt des Lehmes, welcher wie bekannt erst durch Erwärmen seinen Kohlensäuregehalt abgibt und somit der Gehalt an Calciumcarbonat des Lehmes bei Behandlung mit kalter Salzsäure nicht wohl beobachtet werden kann.

Der trockene Rückstand des Kalkbodensickerwassers braust mit Säuren lebhafter auf, als der trockene Rückstand des Lehmsickerwassers.

Diese Verhältnisse dürften sich im Sommer wohl entgegengesetzt herausstellen, da zur Winterzeit durch den Lehmboden nur sehr geringe Mengen Wassers ablaufen im Vergleiche zum Kalkboden. Im Kalkbodensickerwasser ist im Sommer spontaner Absatz von Calciumcarbonat an den Wandungen des Glasgefässes beobachtet worden.

II.

Bestimmung der Salpetersäure.

Da es sich, wie schon oben bemerkt, bei diesen vorläufigen Versuchen nur um Anhaltspunkte zur Beurtheilung der 5 verschiedenen Sickerwasser handelte, so genügte der qualitative Nachweis der salpetersauren Verbindungen.

Zum Nachweis des Gehaltes an salpetersauren Salzen

habe ich verschiedene Methoden in Anwendung gebracht, die bekannten Methoden mit Brucin, mit Eisenvitriol, die äusserst empfindliche Reaktion mit Diphenylamin, die Methode mit Goldpurpur.

In jedem der 5 Sickerwasser konnte nach den erwähnten Methoden Salpetersäure, beziehungsweise salpetrige Säure nachgewiesen werden; die Reaktionen ergaben sich nach verschiedenen Graden deutlich. Offenbar bei weitem die stärkste Reaktion und hiernach den verhältnissmässig grössten Salpetersäuregehalt zeigte das Lehmsickerwasser, am geringfügigsten das Kalksickerwasser, bemerkbar aber weniger deutlich als das Lehmsickerwasser, jedoch deutlicher als das Kalksickerwasser, das Moorsickerwasser und Quarzsickerwasser.

Das empfindlichste Reagens auf Salpetersäuregehalt des Wassers gewährt das Diphenylamin. In der Verdünnung von 1 Theil Diphenylamin zu 5000 Theile concentrirter englischer Schwefelsäure wird in dieser schwefelsauren Diphenylaminlösung durch einen Tropfen Brunnenwasser der Universität die blauviolette Färbung sogleich sichtbar. Als Nachtheil dieser Methode dürfte bezeichnet werden, dass die Lösung in dieser Verdünnung nach einiger Zeit sich spontan blau färbt, indem es vermuthlich keine englische Schwefelsäure des Handels gibt, welche ganz frei von Spuren Salpetersäure oder den Oxyden des Stickstoffes ist. Diese Verunreinigung der englischen Schwefelsäure kann somit als eine ganz allgemeine betrachtet werden, — ein Umstand, der bei der Prüfung von Pflanzensäften, Ackererde u. s. w. auf Spuren von Salpetersäure besondere Rücksicht verdient. Die bläuliche Färbung des Diphenylamins in Schwefelsäure wird tiefer durch Erwärmen; das im Laboratorium destillirte Wasser zeigte ebenfalls eine Vermehrung der blauen Färbung. Diese ausserordentliche Empfindlichkeit macht die Anwendung des Diphenylamins als

eagens mitunter etwas bedenklich. Bei dieser Gelegenheit ann ich nicht umhin zu bemerken, dass auch die Nordäuser Schwefelsäure, die gewöhnlich als salpetersäurefrei genommen wird,[1]) mitunter eine tiefblaue Färbung mit iphenylamin hervorbringt.

Ich habe im Verlaufe dieser Untersuchung das von errn Ekarius angegebene Reagens auf salpetrigsaure Salze äher kennen zu lernen Veranlassung genommen. Bekanntch bedient man sich zur Auffindung des Strychnins der on Otto angegebenen sehr wichtigen und ausgezeichneten eaktion.

Das Strychnin wird hiezu in einem Tropfen concenirter Schwefelsäure in einer kleinen Porcellanschaale geöst, ein Stückchen zweifach chromsauren Kali's in die chaale gelegt und diese so geneigt, dass die schwefelsaure trychninlösung an das chromsaure Salz fliesst. Von diesem ziehen sich dann violette Streifen in die Schaale. chiebt man mit einem Glasstabe das Stück chromsauren ali's hin und her, so zeigt sich alsbald die ganze Flüssigeit violett gefärbt. Die Vermuthung musste nahe liegen, as in Schwefelsäure gelöste Strychnin umgekehrt auf hromsäure in Anwendung zu bringen, — eine Vermuthng, die sich durch den Versuch vollkommen bestätigte. öst man Strychnin ohne zu erwärmen in concentrirter nglischer Schwefelsäure, so erhält man eine wasserhelle aum gelblich gefärbte Flüssigkeit. Durch eine $\frac{1}{500000}$ malig erdünnte Auflösung von doppelchromsaurem Kali wird ieselbe noch bemerkbar röthlich gefärbt. Wir besitzen aher in der schwefelsauren Strychninlösung ein Mittel, um hromsäure in einer Verdünnung zu entdecken, wie sie wohl in keiner anderen Weise nachgewiesen werden könnte.

Es war mir bei meinen Versuchen mit dieser Reaktion

1) Buchner's Repertorium der Pharmacie. 1865. B. 14. S. 301.

auffallend, dass die rothe Färbung auch auf Zusatz von Brunnenwasser des Universitäts-Laboratoriums eintrat, bei Zusatz von destillirtem Wasser dagegen keine Farbenveränderung bemerkbar wurde. Direkte über diesen Gegenstand ausgeführte Versuche haben gezeigt, dass die rothe Farbe, welche das genannte Brunnenwasser in der schwefelsauren Strychninlösung hervorbringt, von dessen Gehalt an salpetrigsauren Salzen herrühre. Bei einer Verdünnung von 1 grm Kaliumnitrit zu 20,000 C.C. Lösung ist die Färbung noch deutlich; wir haben somit in der schwefelsauren Strychninlösung auch ein Mittel, um im Trinkwasser eine Spur von salpetrigsauren Salzen zu erkennen. Wenn ein Trinkwasser durch dieses Reagens nicht verändert wird, so darf man dasselbe wohl als nahezu frei von salpetrigsauren Salzen annehmen. Von den untersuchten Sickerwassern hat das Lehmsickerwasser auch mit diesem Reagens die bedeutendste Färbung ergeben.

Die von mir zuerst zur Trinkwasser-Untersuchung verwendete Reaktion mittelst Goldblättchen und Zinnchlorür [1]) hat nur mit dem Lehmsickerwasser sofort ohne vorhergegangenes Abrauchen ein entschiedenes Resultat geliefert. Wenn daher diese Methode auch weniger empfindlich ist, als andere, so gewährt sie den Vorzug, dass keine concentrirte Schwefelsäure, welche bei den Proben mit Indigo, Eisenvitriol und Brucin zur Zersetzung der Nitrate oder Nitrite nothwendig ist, zur Verwendung gelangt. Da es sich beim Trinkwasser doch in der Regel nur um den Nachweis von Spuren der Salpetersäure handelt, so schliesst der erforderliche Zusatz von concentrirter Schwefelsäure, indem dieselbe fast niemals ganz frei von Salpetersäure ist, häufig eine Fehlerquelle in sich ein. Dass dies namentlich bei der Brucinsalpetersäurereaktion der Fall ist, darauf habe

---

1) Buchner's Repertorium für Pharmacie Bd. 24. S. 66.

ich schon früher hingewiesen.[1]) Das von Reinhardt veröffentlichte und von Böttger empfohlene Verfahren besteht darin, dass man von dem auf Salpetersäure zu prüfenden Trinkwasser 3 Tropfen in ein kleines Porzellanschälchen bringt, dann zwei Tropfen einer Brucinlösung dazu gibt und hierauf 2 bis 5 Tropfen chemisch reiner concentrirter Schwefelsäure folgen lässt. „Findet hiebei eine Röthung der Flüssigkeit statt, dann ist das Vorhandensein eines Nitrates im Wasser mit Bestimmtheit angezeigt."

Wie man sieht, ist bei Beschreibung dieser Methode zur Entdeckung salpetersaurer Verbindungen in einem Trinkwasser die Benützung „chemisch reiner" concentrirter Schwefelsäure vorgeschrieben. Allein ich bin nicht ganz klar über den Begriff „chemisch reine concentrirte Schwefelsäure."

Zunächst kann nicht unerwähnt bleiben, dass ich bis jetzt noch keine Sorte von Schwefelsäure unter der Hand gehabt habe, welche nicht für sich allein schon, ohne Gegenwart salpetersaurer Salze, wenigstens eine hellrosenrothe Färbung mit Brucin hervorgebracht hätte. Auch Nordhäuser Schwefelsäure, in welcher durch die gewöhnlichen bekannten Reaktionen kein Gehalt an Salpetersäure nachgewiesen werden konnte, zeigte die Reaktion nach meinen bisherigen Versuchen ganz entschieden. Es mag übrigens dahin gestellt bleiben, ob die Sorten von Schwefelsäure, die ich bis jetzt zu diesen Versuchen zu verwenden Gelegenheit hatte, nicht doch immer Spuren von Salpetersäure enthielten. Hiezu kommt noch, dass der concentrirten Schwefelsäure an und für sich die Eigenschaft, Brucin rosenroth zu färben, zugeschrieben wird. Die Reaktion ist von Merk[2]) angegeben: „Concentrirte Schwefelsäure färbt das Brucin erst rosenroth, dann gelb und gelbgrün." Diese

1) Buchner's Repertorium für Pharmacie B. 23. S. 264.

2) Liebig's Handbuch der Chemie S. 12229.

Angabe der Schwefelsäurereaktion auf Brucin ist auch in Lehrbücher der analytischen Chemie übergegangen.[1]) Da nun die concentrirte Schwefelsäure selbst schon mit Brucin eine rosenrothe Färbung hervorbringt, wobei allerdings vorläufig unentschieden bleiben mag, ob diese rothe Färbung des Brucins charakteristisch der Schwefelsäure zukömmt oder ob sie doch stets durch einen wenn auch verschwindend kleinen Gehalt an Salpetersäure bedingt ist, so scheint mir hierin immerhin eine gewisse Unsicherheit der Reaktion auf Salpetersäure zu liegen. Bei einer sehr geringen Menge der vorhandenen Salpetersäure ist nämlich die durch Brucin hervorgebrachte Farbenveränderung doch auch nur eine hellrothe zu nennen und da nach der Vorschrift, Salpetersäuregehalt im Trinkwasser durch Brucin zu entdecken, ausdrücklich der nothwendige Zusatz von Schwefelsäure zuletzt erfolgen soll, d. h. nachdem Brucin mit dem zu untersuchenden Trinkwasser vermischt worden, so könnte unter Umständen die hellrothe Färbung nicht von dem Salpetersäuregehalte des Trinkwassers, sondern vielleicht eben so gut von der Schwefelsäure selbst bedingt sein. Es erscheint geeignet, die Anordnung der Reaktion dahin abzuändern, dass man dem durch concentrirte Schwefelsäure auf einem Uhrglase gerötheten Brucinpulver das auf Salpetersäure zu prüfende Trinkwasser in einigen Tropfen zusetzt; eine deutliche Zunahme der rothen Färbung würde alsdann unabhängig von der durch Schwefelsäure allenfalls bedingten Farbenveränderung einen sicheren Schluss auf die Gegenwart salpetersaurer Salze im Wasser gestatten, ähnlich wie diess mit der hellblauen Lösung von Diphenylamin in concentrirter Schwefelsäure der Fall ist, welche ebenfalls nur durch Erhöhung der blauen Farbe als Reagens dient.

---

1) Wicke's Anleitung zur chemischen Analyse S. 416.

III.

Bestimmung der organischen Bestandtheile.

Die Bestimmung der organischen Bestandtheile geschah nach der bekannten Methode durch übermangansaures Kali; da es sich auch hier nur um Vergleichung der verschiedenen Sickerwasser handelte, so erschien diese Methode vorläufig als vollkommen ausreichend. Wie vorauszusehen, war das Moorwasser bei weitem an organischen Bestandtheilen das reichste und kann daher mit den übrigen kaum verglichen werden.

Die Probeflüssigkeit war hergestellt durch Auflösen von 1 grm Chamaeleonkrystallen in 1 Liter destillirten Wassers. Zu 1 Liter des zu untersuchenden Wassers mit 2 C.C. concentrirter Schwefelsäure versetzt und auf 70° C. erwärmt, wurde aus einer in Zehntel eingetheilten Bürette von der Probeflüssigkeit tropfenweise unter Umschütteln hinzugefügt, bis dass die Flüssigkeit nach 5 Minuten Stehen noch schwach rosenroth gefärbt erschien.

Im Folgenden sind die auf 1 Liter Wasser verbrauchten C.C. der Probeflüssigkeit angegeben.

Lehmsickerwasser	3,2
Kalksickerwasser	1,2
Quarz, fein	0,4
Quarz, grob	1,6.

Man ersieht hieraus, dass das Lehmsickerwasser auch am reichsten an organischen Bestandtheilen erscheint, wenn das Moorwasser, welches für 1 Liter 18 C.C. Probeflüssigkeit verbrauchte, nicht in Betracht gezogen wird.

Nachtrag zur Sitzung vom 5. Juni 1880.

Geheimrath v. Pettenkofer berichtet über eine von ihm mit Professor v. Voit ausgeführte Arbeit:

„Zur Frage der Ausscheidung gasförmigen Stickstoffs aus dem Thierkörper".

Nachdem es bei einer Anzahl von Thieren (besonders am Hund und der Taube) in langwährenden Versuchsreihen und nach Ueberwindung vorher nicht geahnter Schwierigkeiten gelungen war, in dem Harn und Koth ebenso viel Stickstoff aufzufinden als in der Nahrung dargereicht worden war, und zwar unter Umständen, unter welchen früher ein Deficit bis zu 59 Prozent sich ergeben hatte, schien es uns bewiesen zu sein, dass der aus der Zersetzung der stickstoffhaltigen Stoffe im Thierkörper stammende Stickstoff vollständig oder wenigstens so weit als es für die Erforschung des Verbrauchs dieser Stoffe in Betracht kommt, in den genannten Excreten ausgeschieden wird, d. h. dass kein aus jener Quelle herrührender Stickstoff auf einem anderen Wege, namentlich nicht in gasförmigem Zustande durch Haut und Lunge, den Körper verlässt.

Ein solcher Nachweis kann selbstverständlich nur dann gelingen, wenn das Thier gerade so viel stickstoffhaltige Substanz zerstört als es aufnimmt, d. h. wenn es weder Stickstoff von seinem Körper verliert noch Stickstoff an seinem Leibe ansetzt. Wir halten es nicht für nöthig,

hier nochmals auf alle die Thatsachen zurückzukommen, welche als Beweise für jenen Satz beigebracht worden sind; wir heben nur hervor, dass in obigen Fällen nicht nur aller Stickstoff, sondern auch die nicht flüchtigen Aschebestandtheile der Nahrung vollständig im Harn und Koth wieder erschienen.

Von J. Seegen und J. Nowak, welche es schon mehrmals versucht hatten, an dieser Grundlage der Gesetze des Eiweissumsatzes im Thierkörper zu rütteln, ist im Jahre 1879[1]) eine Abhandlung erschienen, in welcher einestheils behauptet wird, dass wegen der Ungenauigkeit der Bestimmung der Stickstoffeinnahmen (mittels der Methode von Will-Varrentrapp) die alleinige Ausscheidung des Stickstoffs im Harn und Koth nicht erwiesen sei, ja sich vielmehr bei richtiger Ermittlung des Stickstoffgehalts der Nahrung in den betreffenden Versuchen ein nicht unbeträchtliches Stickstoffdeficit ergebe, anderntheils versucht wird, die Ausscheidung von gasförmigem Stickstoff in der Perspiration experimentell festzustellen.

Bei der Art und Weise, in welcher Seegen und Nowak an unseren Versuchen Kritik üben zu können meinen, waren wir lange zweifelhaft, ob uns überhaupt zugemuthet werden könne, darauf auch nur ein Wort zu entgegnen, zudem wir keinen Augenblick im Zweifel waren, dass unsere Angaben über das Austreten des Stickstoffs im Harn und Koth richtig sind und durch sorgfältige Untersucher stets ihre volle Bestätigung finden würden[2]), und ferner auch

1) Archiv f. d. ges. Physiol. 1879 Bd. 19 S. 347; siehe auch Sitzungsber. der Wiener Akad. 1875 Abth. 3 Bd. 71 Aprilheft.

2) Es wäre nämlich einer der sonderbarsten Zufälle gewesen, wenn stets gerade der bei der Verbrennung mit Natronkalk nicht erhaltene Theil des Stickstoffs in gasförmigem Zustande den Körper verlassen hätte, nicht nur beim Hund, sondern auch bei der Taube und bei vielen anderen Organismen, und zwar bei Versuchen, bei welchen die übrigen

voraussetzen durften, es würden die sich uns alsbald aufdrängenden Bedenken gegen die von Seegen und Nowak zum Nachweis der gasförmigen Stickstoffausscheidung angewendete Methode auch ohne unser Zuthun Anderen sich ebenfalls aufdrängen. Schliesslich glaubten wir doch im Interesse der Sache auf eine nähere Prüfung der von Seegen und Nowak gemachten Angaben eingehen zu sollen. Es bedienen sich heutzutage leider Manche in ihren kritischen Publikationen gegen Andere einer Sprache, die der Wissenschaft keinen Nutzen, sondern ihrem Zwecke, der Erkenntniss der Wahrheit, nur Schaden bringt. Es ist daher gewiss sehr zu wünschen, dass diese Art und Form der Polemik verschwinde; wir wenigstens werden selbst auf die gröbsten Angriffe, zu welchen auch die Auslassungen der Herren Seegen und Nowak gehören, stets nur eine sachliche Antwort geben.

Dass der erste Theil der Einwendungen von Seegen und Nowak, wornach die Bestimmung des Stickstoffs der Einnahmen bei unseren Versuchen mit beträchtlichen Fehlern behaftet sein solle, ganz und gar grundlos ist, haben die Untersuchungen von Max Gruber [1]) dargethan. Derselbe hat abermals durch die genauesten Versuche, bei denen zur Ermittlung des Stickstoffs sowohl die Methode von Will-Varrentrapp als auch die von Dumas angewendet wurde, bewiesen, dass sämmtlicher Stickstoff und Schwefel der Erhaltungsnahrung beim Hund im Harn und Koth zu finden

---

Elemente der Nahrung zu gleicher Zeit vollständig mit dem Stickstoff gefunden werden. Bei reichlicherer Zufuhr von Fleisch beim Hund wächst die Stickstoffausscheidung im Harn und Koth, bis sie eben wieder den mit Natronkalk im Fleisch gefundenen Werth erreicht, auf dem sie dann verharrt; giebt man darnach wieder weniger Fleisch, so sinkt die Ausscheidung allmählich, bis abermals jener Punkt erreicht ist; bei einer anderweitigen Stickstoffabgabe vom Körper wäre dies Verhalten auch unter den gewagtesten Annahmen nicht zu erklären.

1) Zeitschrift für Biologie 1880 Bd. 16 S. 367.

ist, und dass die Natronkalkverbrennung für die von uns gebrauchten Substanzen ganz sichere Resultate giebt [1]).

Aus diesem Nachweis kann zugleich, wie es früher schon von uns geschehen ist, geschlossen werden, dass kein Stickstoff den Körper gasförmig verlässt, sowie dass die Angaben von Seegen und Nowak hierüber unrichtig sein müssen. Es lassen sich nun auch an dem von Letzteren be-

---

1) Nachdem von dem Einen von uns (V.) dargethan worden war (Zeitschr. f. Biologie 1868 Bd. 4 S. 297), dass der Hund Seegen's eben so viel Stickstoff im Harn und Koth entfernte als er im Fleisch zugeführt erhalten hatte, und dabei mehr Harn lieferte als früher, wo von diesem Secrete im Käfig verloren gegangen war, stellte Seegen die Behauptung auf (Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1871 Abth. 2 Bd. 63), es wäre von dem Hunde durch das öftere Harnlassen mehr Harn entleert worden und dadurch die Summe des Harnstoffs grösser geworden; es ist aber ganz unverständlich, wie durch häufigeres Entleeren der Blase, was übrigens nicht so oft stattfand als Seegen angiebt, die 24 stündliche Harnstoffmenge gesteigert werden oder wohin der bei seltenerer Entleerung der Blase nicht ausgeschiedene Harnstoff hinkommen soll. Auch jetzt hält Seegen (a. a. O. S. 355) die damalige Harnmenge für eine anormale, denn der Hund habe 2200 g Wasser in 1200 g Fleisch und 1300 g Trinkwasser aufgenommen und dagegen 2160 ccm Harn entleert, so dass, wie er meint, nur 40 ccm Wasser für Haut und Lunge übrig blieben, was doch auf die Dauer nicht der normalen Ausscheidung entspreche. Seegen hat aber den Harn für reines Wasser genommen, denn in 2160 ccm = 2205 g Harn sind (bei 1021 spec. Gew.) nur 2088 g Wasser (siehe Zeitschr. f. Biologie 1865 Bd. 1 S. 138), so dass hierdurch schon 112 g Wasser für gasförmige Ausscheidung zur Verfügung stehen; ferner wird bekanntlich im Körper auch Wasser erzeugt und zwar durch Verbrennung des Wasserstoffs des verzehrten Fleisches, was nach Abtrennung des Harnstoffs 134 g Wasser ausmacht, so dass 246 g Wasser täglich für Haut und Lunge zur Verfügung stehen, was völlig genügend ist. Und wenn selbst das aufgenommene Wasser für die Lungen- und Hautausdünstung nicht zureichen sollte, so ist doch deshalb die Harnauscheidung nicht eine abnorme, und könnte in einem solchen Falle das nöthige Wasser für die Perspiration für einige Zeit ohne wesentliche Störung von dem Körper genommen werden.

nutzten Apparate und an dem von ihnen eingehaltenen Verfahren Fehler und Mängel auffinden, welche die Gewinnung richtiger Resultate unmöglich machen.

Lavoisier, welcher schon vor hundert Jahren die ersten quantitativen Untersuchungen über den Sauerstoffverbrauch durch den Menschen und durch Thiere unter verschiedenen Umständen angestellt hat, die sich durch die neueren Untersuchungen vollständig bewahrheitet haben, hielt sich zu der Annahme berechtigt, dass der atmosphärische Stickstoff am thierischen Stoffwechsel keinen Antheil nehme, dass vielmehr dabei Stickgas weder aufgenommen noch ausgeschieden werde. Regnault, welcher in Verbindung mit Reiset die Versuche von Lavoisier an kleineren Thieren in einem sinnreich construirten Apparate wiederholte, kam im Wesentlichen zu den gleichen Resultaten; nur fand er, dass die im Apparate eingeschlossene Luft, in welcher er die Thiere längere Zeit leben liess, ohne dieselbe durch Ventilation zu erneuern, in welcher er, wie schon Lavoisier gethan, nur den verzehrten Sauerstoff ersetzte und die ausgeschiedene Kohlensäure wegnahm, wodurch bei sorgfältiger Behandlung jede Aenderung des Stickstoffs durch das Thier bemerkbar werden musste, bald eine geringe Vermehrung, seltener eine geringe Verminderung ihres ursprünglichen Stickstoffgehaltes zeigte. Regnault vermied es, weiter gehende Schlüsse aus dem Auftreten und Verschwinden gasförmigen Stickstoffs zu ziehen, und die von ihm gefundenen geringen Differenzen zwischen Soll und Haben machten auch bei Anderen, bei Physiologen und Chemikern, keinen besonderen Eindruck: erst als bei den Versuchen über Stoffwechselbilanz darüber der Streit entbrannte, ob der Stickstoffgehalt von Harn und Koth dem Stickstoffgehalte sämmtlicher im Organismus umgesetzten stickstoffhaltigen Stoffe entspreche, und als es den Einen glückte, den auf die Nahrung treffenden täglichen Harn und Koth so vollständig zu

sammeln, dass sie die Gleichheit jener Grössen annehmen konnten, während Andere nicht so glücklich waren, sondern die Stickstoffmenge in jenen Excreten bald mehr, bald weniger geringer fanden als die der zugeführten Nahrung, erst da beriefen sich Letztere auf die Versuche von Regnault und Reiset und suchten ihr Stickstoffdeficit damit zu stützen.

Wir, die wir zu den Ersteren gehörten, machten darauf aufmerksam, dass bei aller Achtung vor Regnault und seinen Respirationsversuchen, bei welchen er ja auf die Menge und Zusammensetzung der aufgenommenen Nahrung, sowie auf den Harn und Koth oder die im Körper zerstörten Stoffe nicht die mindeste Rücksicht genommen hatte, die zeitweise beobachtete geringe Vermehrung des gasförmigen Stickstoffs sich auch anders erklären könnte als aus einer Ausscheidung von Stickstoffgas bei dem Zerfall von Eiweiss — ein Vorgang, welchen die im thierischen Organismus bekannten Bedingungen von vorn herein nicht als wahrscheinlich annehmen lassen. Wir machten darauf aufmerksam, dass Stickstoffgas aus der Atmosphäre während der stets lang dauernden Versuche hinzugetreten sein könnte z. B. durch Diffusion, aber auch dass das Thier Stickgas aus der Luft absorbirt oder vorher daraus absorbirtes wieder abgegeben haben könnte. Der erstere Einwand hat gewiss seine volle Berechtigung und es genügt nicht, um ihn zu widerlegen, die Versicherung Regnault's, dass ein Einströmen der äusseren Luft während des ganzen Versuchs unmöglich war. Die neueren Erfahrungen, namentlich die von Hüfner [1]), bei welchen es sich um ungleich einfachere Vorrichtungen handelte, haben die besondere Schwierigkeit des vollkommenen Luftabschlusses sehr deutlich illustrirt; es ist nur unter ganz bestimmten Vorsichtsmaassregeln möglich, bei einem

1) Journ. f. prakt. Chemie 1874 Bd. 10 S. 1, 1875 Bd. 11 S. 43, 1876 Bd. 13 S. 292.

so ausserordentlich complicirten Apparate mit den vielen Verbindungsstellen und bei der Luftbewegung durch Saugvorrichtungen die Diffusion und das Eindringen des Stickstoffs der atmosphärischen Luft vollständig auszuschliessen — und diese Maassregeln haben Regnault und Reiset nicht gekannt und nicht angewendet. Erst seitdem z. B. Ludwig in seinem Laboratorium gewisse Kautschukverbindungen an der Quecksilberpumpe vermeidet, wird daselbst ein excessiver Gehalt an Stickstoff im Blute nie mehr beobachtet.

Wir behaupten nicht, dass die von Regnault und Reiset gefundene Zunahme und Abnahme des Stickstoffgehalts des Athemraums ganz auf solchen unvermeidlichen Fehlern beruht, aber gewisse Differenzen in der Menge des Stickstoffs ergeben sich mit Nothwendigkeit aus der Anordnung des Versuchs, und es wird nach der ganzen Anlage desselben häufiger ein Eindringen als ein Heraustreten dieses Gases stattfinden müssen.

Dass namentlich bei derartigen für grössere Thiere gebauten Apparaten solche Ereignisse eintreten und in den Thieren oder in der Methode irgendwo eine beträchtliche und nicht constante Fehlerquelle sich findet, beweisen schlagend die späteren Versuche von J. Reiset [1]) über die Respiration von landwirthschaftlichen Hausthieren, bei welchen im Versuche Nr. III ein Schaf, welches bedeutenden Meteorismus bekam, in 14 Stunden 42 g (33 Liter) Stickgas ausgeschieden haben soll, ansehnlich mehr als in dieser Zeit im Harn und Koth sowie im Futter enthalten ist. Diese grosse Stickstoffmenge ist entweder von aussen eingedrungen oder vielleicht auch zum Theil vom Thier in den Körperhöhlen mitgebracht worden.

---

1) Annal. de Chim. et Phys. 1863 (3) T. 69 p. 129; Compt. rend. 1863 T. 56 p. 740. Dabei fand er normal bei Hammeln für den Tag eine Abgabe von 4,00—12,94 g, bei Kälbern von 6,7 g gasförmigem Stickstoff.

Bei Gelegenheit von neueren Respirationsversuchen an kleineren Thieren, welche mit allen Hülfsmitteln aufs sorgfältigste angestellt worden sind, musste man die Frage nach einer Aenderung des Stickstoffs unentschieden lassen, da man nicht im Stande war, mit Sicherheit eine Aufnahme oder Abgabe desselben nachzuweisen. So erhielt Sanders-Ezn [1]) in Ludwig's Laboratorium bei Kaninchen unter 36 Beobachtungen 24, welche auf eine vollkommene Gleichgültigkeit dieses Gases schliessen liessen, und 8, welche auf eine Absorption desselben hindeuteten; Scheremetjewski [2]) fand ebenda in 17 Fällen 12 negative und 5 positive Werthe für den Stickstoff, die er nicht aus Fehlern der Versuchsanordnung ableiten konnte. In Pflüger's Laboratorium hatte H. Schulz [3]) bei Fröschen mittels eines kleinen modificirten Regnault'schen Apparates eine scheinbare Stickstoffexhalation bemerkt; G. Colasanti [4]) dagegen, der ebendaselbst bei Meerschweinchen innerhalb 3—6 Stunden keine Aenderung in dem Stickstoffgehalt des Athemraums nachzuweisen vermochte, sprach sich dahin aus, dass höchst wahrscheinlich die Vermehrung des Stickstoffs auf einem Beobachtungsfehler beruhe. Auch nach Speck [5]) verhält sich der Stickstoff bei der Respiration des Menschen ganz indifferent.

Seegen hat sich nun mit Nowak vereinigt, das Verhalten des Stickstoffs beim Athemprocess an etwas grösseren Thieren während längerer Zeit zu prüfen, obwohl Beide den Beweis für die Ausscheidung von gasförmigem Stickstoff schon längst durch Regnault für erbracht halten. Sie haben bei dieser Gelegenheit namentlich den von uns erhobenen Einwurf der Möglichkeit einer Diffusion der Gase

1) Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1867 S. 77.
2) ebd. 1868 S. 158.
3) Archiv f. d. ges. Physiol. 1877 Bd. 14 S. 84.
4) ebd. 1877 Bd. 14 S. 95.
5) Archiv f. exper. Pathol. u. Pharmakol. 1879 Bd. 12 S. 1.

während der Dauer der Versuche gründlich zu beseitigen gesucht, indem sie alle Dichtungen am Apparate, welche Regnault noch mit Kitt und Kautschuk bewerkstelliget hatte, nun ausschliesslich durch Quecksilberverschlüsse erzielten, und indem sie ferner den aus einer Mischung von Braunstein und chlorsaurem Kali erzeugten Sauerstoff in einer Gasglocke aufsammelten, deren Sperrflüssigkeit Wasser war, welches sie mit einer Oelschichte übergossen, während Regnault dafür grosse Glasflaschen benutzt hatte, die mit einer gesättigten wässerigen Lösung von Chlorcalcium gefüllt waren. Durch diese Anordnungen glauben sie jede Möglichkeit einer Diffusion ausgeschlossen zu haben.

Ihre Bemühungen hatten nun auch den Erfolg, dass sie nicht nur wie Regnault häufig, sondern immer den Stickstoffgehalt der Luft im Apparate nach dem Versuche vermehrt fanden, was nach ihrer Ansicht nur von einer Ausscheidung gasförmigen Stickstoffs seitens der Thiere herrühren konnte, und dass sie diese Ausscheidung viel grösser fanden, als sie Regnault und Reiset durchschnittlich gefunden hatten, wornach es den Anschein gewinnt, als ob bei letzteren Forschern Stickstoffgas aus der Atmosphäre in den Apparat nicht nur nicht eingetreten, sondern aus ihm sogar Stickstoff verloren worden wäre, oder als ob sie sorgloser wie jene gearbeitet hätten.

Im Nachfolgenden wollen wir nun prüfen:

1. ob die Diffusion zwischen dem in einem mit einer Oelschicht gesperrten Gasometer aufbewahrten Sauerstoff und dem in der umgebenden Luft vorhandenen Stickstoff wirklich ausgeschlossen ist;
2. ob neben der Diffusion nicht auch noch andere Quellen für gasförmigen Stickstoff in der Methode und in dem Apparate von Seegen und Nowak gegeben waren, und
3. was sonst noch gegen deren Methode, sowie
4. gegen deren Schlussfolgerungen zu erinnern ist.

I.

Wir wissen nicht, wie Seegen und Nowak zu der Ansicht kamen, dass die Diffusion der Gase durch Wasser hindurch verhindert werde, wenn man auf das Wasser eine Schichte Oel bringt, wie sie S. 384 ihrer Abhandlung angeben; wir wissen aber, dass Rüböl und andere fette Oele schneller und mehr Luftblasen entwickeln, selbst als Wasser, wenn man sie unter die Luftpumpe bringt und einen luftleeren Raum herstellt. Aus Versuchen von Saussure[1]) ist bekannt, dass Olivenöl fast 50 % mehr Kohlensäure absorbirt als Wasser. Vogel und Reischauer[2]) berichten über die Verdunstung von Wasser, das mit einer Oelschichte bedeckt ist, und über die Durchdringung einer Oelschichte durch atmosphärischen Sauerstoff; eine Lösung von sog. reducirten Indigo (Indigoküpe) mit einer Pipette unter Oel gebracht wird blau, wenn Luft über dem Oele steht, und Eisenoxydullösungen unter Oel aufbewahrt nehmen rasch Sauerstoff aus der Luft durch das Oel hindurch auf. Sie sagen: „Dieses Factum dürfte namentlich für jene Fälle von Bedeutung sein, wenn man durch Uebergiessen mit Oel eine Flüssigkeit von der Luft abzuschliessen und vor deren oxydirender Wirkung zu schützen sucht.“ Nägeli wollte ferner niedere Pilze von dem Sauerstoff der Luft abschliessen, indem er die Flüssigkeit, in welcher sie sich befanden, mit Oel übergoss; aber die Pilze sammelten sich unter dem Oel an und gediehen durch den das Oel durchsetzenden Sauerstoff vortrefflich.

Nach diesen Erfahrungen zweifelten wir nicht, dass fettes Oel Gase aus Wasser oder Luft absorbirt und an

1) Siehe Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie von Liebig, Poggendorff und Wöhler 2. Aufl. Bd. 1 S. 31.

2) Neues Repertorium f. Pharmacie von L. A. Buchner 1859 Bd. 7 S. 485 und Bd. 8 S. 437.

Wasser oder Luft abgiebt. Eine solche Flüssigkeit ist aber auch das Sperrwasser im Gasometer von Seegen und Nowak, welches Sauerstoff aus dem Gasometer trotz Oelschichte hinaus, und Stickstoff von aussen in den Sauerstoff im Gasometer hinein befördern muss.

Um uns von diesem Gasaustausch durch Oel auch thatsächlich zu überzeugen, füllten wir einen Bunsen-Gasometer aus Glas mit trockener Kohlensäure, liessen dann durch die am unteren Tubulus angebrachte Glasröhre so viel möglichst luftfrei gemachtes frisches Rüböl fliessen, dass es im Gasometer eine 25 mm hohe Schichte bildete, und liessen schliesslich durch dieselbe Röhre aus einer Pipette 100 ccm luftfrei gemachtes Wasser, das sich mit Barytwasser gemischt nicht trübte, unter die Oelschichte fliessen, und schlossen dann den Glashahn an der Spitze des Gasometers sowie die Röhre im Tubulus. Es musste sich nun zeigen, ob die Kohlensäure durch die Oelschichte hindurch ins Wasser und bis zu welchem Betrage übergeht. Nach 24 Stunden wurden mit einer Pipette 30 ccm Wasser herausgenommen und mit 30 ccm eines titrirten Barytwassers gemischt. Es zeigte sich sofort eine sehr starke Fällung von kohlensaurem Baryt. Eine Titrirung ergab, dass die 100 ccm Wasser durch die Oelschichte hindurch 22,5 ccm = 44,2 mg Kohlensäure aufgenommen hatten.

Um den umgekehrten Gang zu veranschaulichen, wie vom Wasser absorbirte Gase durch eine Oelschichte hindurch in darüberstehende Luft übergehen, wurde ein Bunsen-Gasometer mit kohlensäurefreier Luft gefüllt. Auf dem Boden desselben befand sich eine ebenso hohe Oelschichte wie im vorigen Versuche, durch welche die Luft in den Gasometer eintrat. Nachdem das Einleiten und Durchleiten von Luft genügend lange gedauert hatte, liessen wir unter das Oel 100 ccm Wasser fliessen, durch welches eine Zeit lang Kohlensäure — aber nicht bis zur völligen Sättigung —

geleitet worden war. Die beiden Oeffnungen am Gasometer wurden nun wieder verschlossen und alles 24 Stunden lang sich selber überlassen. Nach dieser Zeit wurde die im Gasometer über der Oelschichte befindliche Luft durch Nachgiessen von luftfreiem Wasser verdrängt und durch titrirtes Barytwasser geleitet. Das Barytwasser trübte sich stark; 694 ccm Luft enthielten 5,8 ccm Kohlensäure (= 0,83%).

Der Versuch wurde wiederholt und die Luft im Gasometer erst nach 48stündigem Stehen durch Barytwasser getrieben. Da zeigten 570 ccm Luft 8,0 ccm Kohlensäure (= 1,40%).

Um uns zum Ueberfluss zu überzeugen, dass die im Wasser und in der Luft nachgewiesene Menge Kohlensäure nicht von einer etwaigen Kohlensäureproduction der Oelschichte während des Versuches abgeleitet werden könne, füllten wir wieder einen Bunsen-Gasometer mit kohlensäurefreier Luft, brachten die Oelschichte hinein und darunter 100 ccm kohlensäurefreies Wasser, und liessen alles 24 Stunden stehen. Nach dieser Zeit wurde die Luft aus dem Gasometer durch Barytwasser getrieben, welches vollkommen klar blieb.

Bei all diesen Versuchen zeigten sich nie Spuren von Gasblasen, weder im Oel noch im Wasser; der Gasaustausch kann demnach nur auf dem Wege der Absorption und Diffusion durch Wasser und Oel hindurch erfolgt sein.

Das Einzige, wornach wir noch ein Bedürfniss fühlten, war, eine Vorstellung davon zu gewinnen, wie schnell oder langsam diese Diffusionsvorgänge durch Oelschichten hindurch stattfinden. Dazu glaubten wir am einfachsten zu gelangen, wenn wir in einem Bunsen-Gasometer den Uebergang von Kohlensäure durch eine Oelschichte in unter derselben befindliches Wasser mit Hilfe eines Manometers beobachteten. Wir wählten dazu einen langschenkligen, mit Wasser gefüllten und mit einer Millimetertheilung versehenen

Manometer, welcher mittels eines Kautschukschlauches, der auf den Glashahn des Gasometers aufgesetzt wurde, mit dem Kohlensäuregas in Verbindung gebracht wurde. Der Schlauch hatte ein verschliessbares Seitenrohr, um den Manometerstand beliebig auf Null zu stellen. Der Versuch wurde in einem Raum im Kellergeschosse des hygienischen Instituts ausgeführt, welcher für Gasuntersuchungen bestimmt nicht heizbar ist und den Tag über keine merkliche Temperaturschwankung zeigt. Gasometer, Manometer, Kohlensäureentwicklungsapparat, Oel und Wasser waren hinreichend lange vor Beginn des Versuches in dem Raume aufgestellt, um dessen Temperatur anzunehmen. Nachdem der Gasometer mit trockenem Kohlensäuregas gefüllt war, wurde die Oelschichte und darunter 100 ccm luftfreies Wasser hineingebracht, die Zuflussröhre im Tubulus des Gasometers und das Seitenrohr am Manometer geschlossen, während der Hahn am Gasometer geöffnet blieb. In dem Maasse nun, als Kohlensäure vom Oel aufgenommen und an das darunter befindliche Wasser abgegeben wurde, musste die Druckdifferenz zwischen der Kohlensäure im Gasometer und der umgebenden Atmosphäre wachsen.

Die Beobachtung begann Mittags 11 Uhr 20 Minuten; die folgende Zusammenstellung zeigt, wie rasch und anhaltend die Absorption der Kohlensäure erfolgte:

Zeit						Druckdifferenz in Mm
7. Febr. 1880	11	Uhr	20	Min.	Mittags	0
	11	„	35	„	„	28
	11	„	50	„	„	35
	12	„	10	„	„	77
	12	„	35	„	„	108
	3	„	30	„	„	170
	6	„	5	„	Abends	223
8. Febr. 1880	8	„	10	„	Morgens	235
	12	„	50	„	Mittags	206

Man sieht das rasche Ansteigen der Druckdifferenz, welche schon nach 7 Stunden dem Maximum, welches nach etwa 20 Stunden beobachtet wurde, sehr nahe kommt, auf dem es aber nicht stehen bleibt, sondern von da wieder zurückgeht, wahrscheinlich in Folge unvermeidlicher Diffusion durch einige Kautschukröhren und vielleicht auch in Folge anderer minimaler Undichtigkeiten, die sich erst im Laufe der Zeit bemerkbar machten. Die Temperatur im Kellerraume schwankte zur Zeit zwischen 2,8 und 4° C., und es war am 8. Februar Mittags 12 Uhr etwas wärmer als Morgens 8 Uhr, wo das Maximum der Druckdifferenz und das Minimum der Temperatur abgelesen wurde.

Wer diese Thatsachen beachtet, kann unmöglich mehr glauben, dass das Sauerstoffgas in der Gasglocke von Seegen und Nowak, über Wasser und Oel aufbewahrt, länger als einige Secunden frei von Stickstoff wird geblieben sein. In dem Maasse, als der Absorptionscoëfficient des Stickstoffs kleiner als der der Kohlensäure ist, wird zwar die Diffusion von Stickstoff durch Wasser und Oel langsamer oder geringer als die der Kohlensäure sein, aber vor sich gehen wird sie in jedem Augenblicke und um Vieles leichter als durch Kautschuk und Korkholz. Es ist daher nur eine Frage der Zeit, wie viel Stickstoff aus der Atmosphäre in das im Gasometer aufbewahrte Sauerstoffgas eindringt.

Um hierüber Anhaltspunkte zu bekommen, liessen wir uns einen Gasometer, welcher etwa 15 Liter fasste, sowie eine kupferne Retorte ganz nach den Principien von Seegen und Nowak herstellen, brachten an allen Verbindungsstellen Quecksilberverschlüsse an, gossen auf das Wasser im Gasometerbassin eine 4 cm hohe Schichte Rüböl, entwickelten den Sauerstoff aus einem Gemenge von chlorsaurem Kali und Braunstein, der keinen Stickstoff enthielt (was, wie wir später noch zeigen werden, durchaus nicht immer der

Fall ist). Das frisch bereitete Sauerstoffgas enthielt keine merkliche Menge Stickstoff, nach 7tägigem Stehen im Gasometer enthielt es 1,52 Vol.-Proc., nach 4 Wochen sogar 6,0 Vol.-Proc. Stickstoff.

Um das Sauerstoffgas auf Stickstoff zu prüfen, bedienten wir uns nicht der Bunsen'schen eudiometrischen Methode, weil man da stets nur verhältnissmässig kleine Mengen in Untersuchung nehmen kann, sondern wir leiteten einige Liter Sauerstoffgas, das wir mittels einer Quecksilberpumpe aus dem Gasometer zogen, durch eine Verbrennungsröhre über glühende Kupferspäne, auf welche noch glühendes Kupferoxyd folgte. Vom Quecksilberventil der Pumpe an wurde durch ein Zweigrohr zuerst längere Zeit Kohlensäure durch das glühende Verbrennungsrohr geleitet, bis alle atmosphärische Luft ausgetrieben war, was leicht daran zu erkennen ist, dass das aus der Verbrennungsröhre kommende Gas, unter Quecksilber aufgefangen, von Kalilauge vollständig absorbirt wird. Wenn dies eingetreten war, wurde der Kohlensäurestrom abgesperrt und Sauerstoffgas aus dem Gasometer durchgepumpt, welches sehr rasch vom glühenden Kupfer absorbirt wurde, so dass auch ohne Pumpen Sauerstoff durch das glühende mit Kupfer gefüllte Rohr von selbst nachgesaugt wurde. Es empfiehlt sich aber nicht, das Pumpen ganz zu unterlassen, da sonst die Wände der glühenden Glasröhre leicht nach innen sich biegen. Um das Aufblähen zu hindern, muss die Verbrennungsröhre mit Streifen von dünnem Messingblech umwickelt werden, weil die Operation meist über eine Stunde dauert, und sich sonst am Glase stellenweise Blasen bilden, welche leicht durchschmelzen. Ehe das Einleiten von Sauerstoff beginnt, wird die vom Verbrennungsrohr wegführende Gasentwicklungsröhre unter eine mit Quecksilber und zuvor ausgekochter Kalilauge gefüllte graduirte Glasglocke geleitet. Wenn

man mit dem Durchleiten von Sauerstoff aufhört, lässt man wieder Kohlensäure durchgehen, um allen Sauerstoff in die Verbrennungsröhre, und aus dieser alles etwa vorhandene Stickstoffgas in den Messcylinder zu treiben, in welchem die Kohlensäure von der Kalilauge völlig absorbirt wird. Das im Messcylinder befindliche Gas wird auf bekannte Weise gemessen.

Wir brauchten stets die Vorsicht, nach Beendigung des Versuches etwas Pyrogallussäure in die Kalilauge im Messcylinder zu bringen und zu beobachten, ob vielleicht etwas Sauerstoff unabsorbirt durch die Verbrennungsröhre gegangen sei, konnten aber nie eine Verringerung des Volums des Gases wahrnehmen. Glühendes Kupfer gehört zu den besten Absorptionsmitteln für Sauerstoffgas.

Ebenso überzeugten wir uns, dass das von Kalilauge nicht absorbirte Gas kein Kohlenoxyd war, welches sich in geringer Menge bilden soll, wenn Kohlensäure über glühendes Kupfer geleitet wird, welches aber durch glühendes Kupferoxyd wieder zu Kohlensäure wird, weshalb nach den Kupferspänen noch eine Lage Kupferoxyd angebracht war. Das gemessene Gas zeigte stets alle Eigenschaften des Stickstoffs.

3 Liter frisches Sauerstoffgas, wie es aus der Retorte kommt, gaben 0,6 ccm = 0,75 mg Stickstoff (in 1 Liter 0,25 mg).

2,5 Liter Sauerstoff, sieben Tage (vom 10. bis 16. Januar) im Gasometer über Wasser und Oel aufbewahrt, gaben 38 ccm = 47,8 mg Stickstoff (in 1 Liter 19,1 mg).

1,75 Liter Sauerstoff, 4 Wochen (vom 10. Januar bis 6. Februar) im Gasometer aufbewahrt, gaben 105 ccm = 131,9 mg Stickstoff (in 1 Liter 75,4 mg).

Aus diesen Thatsachen geht deutlich hervor, dass es kein glücklicher Gedanke von Seegen und Nowak war, Regnault's Verfahren verbessern zu wollen, indem sie wohl die

Kautschukverbindungen durch Quecksilberverschlüsse ersetzten, aber das Sauerstoffgas über Wasser und Oel anstatt über einer gesättigten Chlorcalciumlösung aufsammelten: sie haben durch ihre Quecksilberverschlüsse wohl einige kleine Löcher für die Diffusion verstopft, aber dafür durch die Sperrflüssigkeit ihres Gasometers ein grosses Loch aufgemacht.

Aus Saussure's Versuchen ergiebt sich, dass bei einer Temperatur von 18°C. das Olivenöl 151% seines Volums an Kohlensäure aufnimmt, eine Chlorcalciumlösung von 1,402 spec. Gewicht bei gleicher Temperatur nur 26%, und das ist sicherlich einer der Gründe, wesshalb Regnault keine so grosse und constante Stickstoffvermehrung in seinem Apparate gefunden hat, wie Seegen und Nowak in dem ihrigen [1]).

Bei Regnault und Reiset kann es Differenzen gemacht haben, ob eine Flasche Sauerstoff älter oder jünger war, d. h. ob sie längere oder kürzere Zeit nach der Füllung gestanden, ehe das Gas in Gebrauch kam. Seegen und Nowak haben so zu sagen stets aus ein und derselben Flasche ihr Gas genommen, und vielleicht auch deshalb keine so grellen Wechsel und Sprünge im Stickstoffgehalt, sondern constantere Werthe als Regnault und Reiset erhalten.

Das bei den Regnault-Reiset'schen und bei den Seegen-Nowak'schen Versuchen gefundene Plus an Stickstoff kann aber auch noch andere Quellen haben, auf die wir nun übergehen wollen.

---

1) Scheremetjewski (Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1868 S. 154), der im Laboratorium Ludwig's arbeitete, giebt an, dass Sauerstoffgas, welches in einer mit einem vorzüglich gearbeiteten und überall unter Wasser stehenden Messinghahn verschlossenen Flasche sich befand, nach einigen Wochen viel Stickstoff enthielt, weshalb es nöthig sei, an jedem Versuchstage eine Probe des Gasvorraths zu analysiren.

II.

Eine dieser Quellen liegt in dem zur Sauerstoffbereitung verwendeten Braunstein, welcher nach den Untersuchungen von Deville und Debray [1]) beträchtliche Mengen Stickstoffgas liefern kann. Die Mittheilung der beiden Forscher in den Comptes rendus lautet in wörtlicher Uebersetzung: „Jedermann weiss seit Scheele, dass das Sauerstoffgas aus Braunstein Stickstoff enthält und dass dieses Gas sich zu Anfang der Darstellung entwickelt. Berzelius selbst beobachtete, dass das Gas aus Braunstein einen leichten salpetrigen Geruch besass. Diesen Geruch, den wir sehr oft beobachteten, schrieben wir der Gegenwart von Ozon zu. Da aber das Gas zu irgend einer Zeit der Sauerstoffbereitung aufgefangen immer Stickstoff enthielt, so mussten wir im Braunstein selbst den vorhandenen Stoff suchen, welcher ein Gas liefert, dessen Gegenwart bei unseren metallurgischen Operationen sehr hinderlich sein konnte. — Die Braunsteinsorten, welche wir bis jetzt untersucht haben, enthalten alle beträchtliche Mengen Wasser. 60 kg Braunstein von Giessen gaben 5 kg Wasser, welches merklich sauer reagirt. Wenn man dieses Wasser verdampft, nachdem man es genau mit reinem Kali neutralisirt hat, erhält man 15 g salpetersaures Kali und etwa 5 g Chlorkalium. Die Abwesenheit von salpetrigsauren Salzen unter den auskrystallisirten Salzen lässt uns annehmen, dass Chlor und Untersalpetersäure die zwei gasförmigen Producte sind, welche sich condensirt haben".

Pelouze hat gelegentlich der Discussion über die Mittheilung von Deville den Stickstoffgehalt des mittels Braun-

1) Note sur la présence de l'acide nitrique dans le bioxyde de manganèse naturel par M. M. Sainte-Claire Deville et H. Debray. Comptes rendus hebdomadaires de séances de l'Académie des sciences T. 50 p. 868.

stein dargestellten Sauerstoffs gleichfalls bestätiget, glaubt aber nicht, dass der Stickstoff lediglich von salpetersauren Salzen stamme, sondern ist der Ansicht, dass er auch von anderen stickstoffhaltigen Substanzen herrühren könne. Wir stimmen dieser Ansicht bei, da wir gefunden haben, dass das aus einem Gemenge von gleichen Theilen chlorsaurem Kali und Braunstein entwickelte Gas stets beträchtliche Mengen Kohlensäure enthielt, wenn der Braunstein, mit verdünnter Schwefelsäure übergossen, auch nicht die Spur von kohlensauren Salzen anzeigte, so dass die Kohlensäure nur von der Gegenwart organischer Substanzen im Braunstein abgeleitet werden kann. Diese machen sich auch dadurch bemerklich, dass beim Erhitzen eines Gemenges von chlorsaurem Kali und Braunstein in einer Glasretorte sich sehr deutlich ein Funkensprühen zeigt. Manche Braunsteinsorte enthält so viel organische Substanz, dass beim Erhitzen mit chlorsaurem Kali schon Explosionen entstanden und dadurch Menschenleben gefährdet worden sind [1]), so dass es räthlich erscheint, jede Braunsteinsorte, welche man zur Bereitung von Sauerstoff aus chlorsaurem Kali verwenden will, vorher in kleiner Menge zu prüfen.

Um zu erfahren, ob und wie viel eine Braunsteinsorte Stickstoff liefert, verfährt man ähnlich, wie bei der Prüfung des Sauerstoffes angegeben wurde: man beschickt eine Verbrennungsröhre mit doppeltkohlensaurem Natron, darnach mit dem Brannstein, darnach mit Kupferspänen und darnach mit Kupferoxyd. Durch Erhitzen des hintersten Theiles des doppeltkohlensauren Natrons entwickelt man zuerst so viel Kohlensäure, um die atmosphärische Luft auszutreiben, dann macht man das Kupferoxyd, das Kupfer und den Braunstein glühend, nachdem man das Gasentbindungsrohr

1) Handbuch der technischen Chemie von Kerl und Stohmann Bd. 5 S. 1488.

unter einem mit Quecksilber und Kalilauge gefüllten Glascylinder wie bei der Dumas'schen Stickstoffbestimmung gebracht hat. Aller Sauerstoff wird vom glühenden Kupfer absorbirt. Zuletzt entwickelt man wieder Kohlensäure, um allen Stickstoff aus der Verbrennungsröhre in den Messcylinder zu treiben.

Man könnte schliesslich noch sagen, der beim Erhitzen eines Gemenges von chlorsaurem Kali und Braunstein sich entwickelnde Sauerstoff entstehe ja nicht aus dem Braunstein, sondern nur aus dem chlorsaurem Kali, der Braunstein spiele nur die Vermittlerrolle zur leichten Zersetzung des chlorsauren Kalis und bleibe selbst unzersetzt, — aber dies auch zugegeben, werden durch das schmelzende und sich zersetzende chlorsaure Kali doch jedenfalls die salpetersauren Salze und die stickstoffhaltigen organischen Substanzen im Braunstein zersetzt und machen das aus dem chlorsauren Kali sich entwickelnde Sauerstoffgas stickstoffhaltig.

Die hier mitgetheilten Thatsachen beweisen jedenfalls, dass die Bereitung von reinem, namentlich auch stickstofffreiem Sauerstoffgase aus einem Gemenge von chlorsaurem Kali und Braunstein keine Sache ist, welche sich von selbst versteht und keiner weiteren Controle bedarf. Jeder Chemiker weiss, dass reines Sauerstoffgas nur aus chlorsaurem Kali oder chlorsaurem Kali und Kupferoxyd gewonnen werden kann und man mit Braunstein ein Gasgemenge erhält, dessen Zusammensetzung man ohne genauere Untersuchung nicht anzugeben vermag.

Es giebt Braunsteinsorten im Handel, welche viel, und solche, welche sehr wenig Stickstoff liefern. Wir haben z. B. eine Sorte erhalten, welche auf 50 g, die mehr als 4 Liter Sauerstoff entwickeln, nur 0,4 ccm Stickstoff lieferte. Wie viel von diesem Gase die Sorte giebt, welche Seegen

und Nowak zur Sauerstoffbereitung verwendeten, kann nur durch eine besondere Prüfung entschieden werden. —

Es giebt noch eine andere Möglichkeit des Auftretens von Stickstoff in dem Athemraume des Apparats von Seegen und Nowak. Die Thiere verweilen von 12 bis zu 110 Stunden in demselben, und es werden der Harn und der Koth in ihm entleert. Aus dem alkalisch reagirenden Harn der Kaninchen wird bald durch Zersetzung des Harnstoffs Ammoniak entwickelt, aber auch aus dem Harn des Hundes, namentlich wenn er in Berührung mit dem Koth kommt und die beiden Excrete die Wandungen des Käfigs sowie den Thierkörper beschmutzen. Dies findet aber in dem Apparate von Seegen und Nowak statt, da in ihm keine Vorrichtung getroffen ist, den Harn und Koth von dem Thier zu separiren. Wir haben während 72 Stunden einmal fünf Kaninchen und ein anderes Mal einen kleinen Hund in den etwa 343 Liter fassenden Athemraum des kleinen Respirationsapparates gebracht und denselben mittels Durchsaugen von Luft eben ausreichend ventilirt. Man macht sich keine Vorstellung davon, welchen Anblick der Käfig und die Thiere nach Verlauf einiger Zeit darbieten. Die Wandungen des Käfigs beschlagen sich mit Wasser, weil die Thiere den Harn in denselben lassen und auch Trinkwasser in einer Schale darin aufgestellt ist; das Wasser rinnt von den Wänden auf den Boden herab und mischt sich mit dem Harn und Koth; die Füsse der Thiere und zuletzt der ganze Körper derselben waren benetzt und besudelt von der Jauche. Niemals würden wir unter solchen Umständen einen Versuch über den Gasaustausch eines Thieres angestellt haben.

Nach Aufhören der Ventilation und nach der Entfernung der Thiere ist in dem Raume ein ganz entsetzlicher Geruch bemerkbar, aus dem man mit aller Sicherheit Ammoniak herauskennen und mit Curcumapapier leicht

nachweisen kann. Da auch die am Boden des Käfigs befindliche Flüssigkeit sowie das an den Wandungen niedergeschlagene Wasser stark alkalisch reagiren, so sollte man glauben, dass mit dem Luftstrom beträchtliche Quantitäten von Ammoniak entführt werden.

Wir haben nun den Ammoniakgehalt der Luft in den beiden vorher erwähnten Versuchen bestimmt.

a) Versuch am Kaninchen (2. bis 5. März 1880).

Fünf Kaninchen; Versuchsdauer 72 Stunden; Versuchsraum 343 Liter fassend; Futter: Semmel mit Milch, gelbe Rüben und Wasser.

Eine Probe der in den Kasten eindringenden Luft (650,9 Liter), sowie die aus dem Kasten ausgesaugte Luft (10946,8 Liter) wurden durch Flaschen geleitet, in welchen sich mit Salzsäure befeuchtete Glasperlen befanden, durch welche das vorhandene Ammoniak gebunden wurde. Es fanden sich:

in der inneren Luft . . .	0,04609 g	Ammoniak
in der äusseren Luft . . .	0,01640	„
von den Thieren	0,02969 g	Ammoniak
=	0,02441	Stickstoff.

b) Versuch am Hund (12. bis 15. März 1880).

Ein kleiner Hund von etwa 3 kg Gewicht; Versuchsdauer 72 Stunden; Versuchsraum 343 Liter fassend; Futter: Semmel mit Milch und etwas Fleisch.

Wie bei dem vorigen Versuch wurde eine Probe der in den Kasten eintretenden Luft (427,1 Liter) und die ganze aus dem Athemraum ausgesaugte Luft (68707,7 Liter) durch Salzsäure geleitet, um das Ammoniak abzufangen. Es wurde erhalten:

in der inneren Luft . . .	0,21037 g	Ammoniak
in der äusseren Luft . . .	0,169	"
von dem Thiere	0,041 g	Ammoniak[1])
=	0,034	Stickstoff.

Das aus dem Kasten kommende Ammoniak wird bei der Versuchsanordnung von Seegen und Nowak durch das glühende Kupferoxyd zerlegt und Stickstoff daraus entbunden.

Aber es war in hohem Grade auffallend, dass trotz der nachträglichen Ammoniakansammlung in der Luft und in den Excreten während des Versuches nur so kleine Mengen von Ammoniak im Gasstrom sich fanden: in drei Tagen von fünf Kaninchen nur 0,030 g, von einem kleinen Hunde nur 0,041 g Ammoniak. Das entspricht so geringen Quantitäten von Stickstoff, dass sie gegenüber den von Seegen und Nowak erhaltenen Werthen nur in geringem Maasse in Betracht kommen.

Es muss also irgend eine Ursache den Uebergang des Ammoniaks aus den flüssigen sich zersetzenden Excreten in die Luft verhindern. In der an Kohlensäure reichen schlecht ventilirten Luft des Athemraums wird offenbar das in der Flüssigkeit vorhandene doppeltkohlensaure Ammoniak nicht zerlegt und also nicht in den Luftstrom übergeführt. Daher kommt es, dass die Luft im Kasten, während die Thiere sich darin befanden, nicht nach Ammoniak roch und auch nicht auf Curcumapapier reagirte, alsbald aber nach Unterbrechung der Ventilation und Entfernung der Thiere. Nur bei ausgiebiger Ventilation des Raumes oder bei Entfernung der Kohlensäurequelle wird der Uebergang des Ammoniaks in die Luft stattfinden, und es ist daher wohl möglich, dass dies bei den Versuchen von Seegen und Nowak der Fall war. Wir geben diese Erfahrung an, weil sie

1) Die Ammoniakbestimmungen wurden durch Herrn Dr. Feder ausgeführt.

wichtig für den Nachweis des Ammoniaks in der Athemluft ist; denn wenn sich an den Wandungen des Kastens Wasser niederschlägt, so kann dasselbe Ammoniak aus der Luft mitnehmen, welches sich dann nur schwer als Gas wieder entfernen lässt. Auch dürfen dabei selbstverständlich die Thiere den Harn und Koth nicht im Athemraume entleeren. Bei unseren früheren Versuchen über die Ausscheidung von Ammoniak durch Haut und Lunge liessen die Thiere den Harn stets ausserhalb des Käfigs und condensirte sich kein Wasser an den Wänden des Respirationsapparates. —

Das Sauerstoffgas, womit Seegen und Nowak ihren Käfig speisen, scheint den Thieren nicht gesund gewesen zu sein, denn die letzteren erkrankten und starben selbst, wenn die durch die Saug- und Druckpumpen circulirende Luft nicht über glühendes Kupferoxyd geleitet wurde. Sie schreiben die Krankheit zwar den organischen Dämpfen zu, welche die Thiere entwickelten; aber diese Annahme steht in auffallendem Widerspruche mit den bestimmtesten Angaben von Regnault und Reiset, welche sagen [1]: „Wir haben die Thiere so viel als möglich unter die Bedingungen ihres gewöhnlichen Lebens zu bringen gesucht: wir glauben, dass uns dieses gelungen ist. Vielleicht wird man uns indessen vorhalten, dass es nicht genüge, die erzeugte Kohlensäure wegzunehmen und den verbrauchten Sauerstoff zu ersetzen; man müsste auch die aus dem Thierkörper entwickelten Miasmen entfernen, welchen man im Allgemeinen einen sehr schädlichen Einfluss auf die Gesundheit der Thiere zuschreibt, obgleich ihre Menge zu gering ist, um durch die chemische Analyse sich nachweisen zu lassen. Wir glauben, ohne die Existenz dieser Miasmen zu leugnen, dass man ihren Einfluss sehr übertreibt. So hält man

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 73 S. 320.

während des Winters die Schafe in Ställen, welche in vielen Ländern so viel als möglich verschlossen gehalten werden. Wenn man des Morgens eintritt, ist die Luft so stinkend, dass ein nicht daran gewöhnter Mensch nicht einige Minuten darin sich aufhalten kann, ohne davon angegriffen zu werden, und doch scheinen die Thiere keine nachtheiligen Wirkungen davon zu verspüren. Wir können ausserdem mittheilen, dass in keinem Versuch, in welchem ein Thier ein passendes Futter erhielt, wir an ihm Zeichen von Uebelbefinden bemerken konnten, selbst nicht nach mehrtägigem Aufenthalt; es verzehrte sein Futter mit demselben Appetit wie in freier Luft, und nahm beim Herausnehmen aus dem Apparat sogleich seine früheren Gewohnheiten an. Dasselbe Thier diente häufig zu vielen Versuchen, ohne dass seine Gesundheit angegriffen schien; einige der Thiere, mit welchen wir operirten, lebten noch einige Jahre darnach".

Wir wissen nicht, ob Seegen und Nowak in diesem Falle die Autorität von Regnault und Reiset, welche sie sonst bedingungslos anerkennen, ablehnen; aber sie sagen[1]: „Sobald die Thiere über 24 Stunden im Apparate verweilen mussten, wurde an ihnen in der Mehrzahl der Fälle ein deutliches Unwohlsein bemerkt, das an Intensität mit dem noch weiteren Aufenthalt im Käfig sich fortwährend steigerte". Das veranlasste sie nun, die Luft im Käfig bei ihrer Circulation über glühendes Kupferoxyd zu führen, wornach sich die Thiere gesund erhielten.

Da in der Versuchsanordnung von Regnault und Reiset und von Seegen und Nowak kein wesentlicher Unterschied besteht, so kann die von letzteren beobachtete schlimme Wirkung des Aufenthalts im Athemraum nicht von den organischen Dämpfen der Thiere herrühren, welche ja auch bei den Versuchen der ersteren Forscher vorhanden waren;

1) a. a. O. S. 387.

es bleibt nichts übrig als die krankmachende Ursache in einer Verunreinigung des Sauerstoffs zu suchen.

Dies veranlasste uns, das nach Seegen und Nowak bereitete Sauerstoffgas, wie es aus der Retorte in den Gasometer strömt, etwas genauer zu betrachten. Wir leiteten es zunächst durch eine Jodkaliumlösung und fanden, dass es daraus sehr beträchtliche Mengen von Jod abscheidet. 7 Liter Sauerstoffgas, aus einem Gemenge von 25 g chlorsaurem Kali und 25 g Braunstein entwickelt, schieden 76,2 mg Jod — durch arsenigsaures Natron nach Mohr titrirt — aus. Dieselbe Menge von chlorsaurem Kali allein, mit dem gleichen Theile Quarzpulver gemengt, lieferte ein Gas, welches nur 3,81 mg Jod ausschied. Bei Zersetzung eines Gemenges von 25 g chlorsaurem Kali und 25 g Kupferoxyd wurden nur 11,4 mg Jod ausgeschieden.

Es haben zwar Regnault und Reiset ebenso wie Seegen und Nowak den Sauerstoff aus chlorsaurem Kali und Braunstein entwickelt; es besteht jedoch der Unterschied, dass Erstere das Gas sehr sorgfältig mit Aetzkali in Berührung gebracht, ehe sie es über Chlorcalciumlösung aufgefangen haben, während Letztere es nur sehr oberflächlich mit Kalilauge waschen, ehe es in den Gasometer und von da in den Käfig zu den Thieren gelangt.

Es ist uns daher sehr wahrscheinlich, dass die Insalubrität des Sauerstoffgases bei Seegen und Nowak von einem Gehalte an Chlor herrührt, welches bekanntlich Jod aus einer Jodkaliumlösung abschneidet. Man weiss nämlich, dass das aus chlorsaurem Kali und Braunstein bereitete Sauerstoffgas Chlor enthält, welches man bei Beginn der Sauerstoffentwicklung schon durch den Geruch leicht wahrnimmt. Es war uns von Bedeutung, über die Quantitäten des dabei erzeugten Chlors einigen Aufschluss zu erhalten. Zu dem Zweck wurden 70 g eines Gemenges von gleichen Theilen chlorsaurem Kali und Braunstein, das etwa 9 Liter

Sauerstoffgas liefern konnte, in eine Verbrennungsröhre eingefüllt und nach und nach von hinten an erhitzt; das gleichmässig und langsam sich entwickelnde Gas wurde durch zwei kleine Woulff'sche Flaschen geleitet, in welchen kohlensaures Silberoxyd in Wasser suspendirt sich befand, und dann durch eine dritte, mit Jodkaliumkleister gefüllte Flasche. Bei Beginn des Versuchs tritt eine geringe Bläuung des Kleisters ein, wahrscheinlich von einer Bildung von Oxydationsproducten des Stickstoffs der in der Röhre noch enthaltenen atmosphärischen Luft herrührend; dann bleibt der Kleister farblos, bis ganz am Schlusse des Versuchs das Silbersalz nicht mehr hinreicht, das Chlor vollständig abzufangen, es ist aber auch hier die Bläuung nur ganz unbedeutend. In den das Silbersalz enthaltenden Flaschen war jedoch eine starke Abscheidung von weissem Chlorsilber eingetreten; der Inhalt der Flaschen wurde mit verdünnter Salpetersäure übergossen, worin das Chlorsilber unlöslich ist. Das Chlorsilber wog 0,3027 g, entsprechend 0,0749 g oder 23,6 ccm Chlor. Das aus dem Gasometer kommende Sauerstoffgas enthält demnach etwa 0,26 Vol.-Proc. Chlor[1]). Wir fanden, dass ein sehr gründliches Waschen des frisch erzeugten Gases mit Aetzkali- oder Aetzbarytlösung die Eigenschaft desselben, aus Jodkaliumlösung Jod auszuscheiden, welche Eigenschaft dann an die Kali oder Barytlösung übergeht, sehr herabmindert, und dass Sauerstoffgas aus chlorsaurem Kali- und Braunstein entwickelt, im Gasometer aufbewahrt, die Eigenschaft Chlorsilber zu bilden und Jodkalium zu zersetzen, nach einigen Tagen verliert. Beim Leiten des Chlors über glühendes Kupferoxyd bildet sich das wenig flüchtige Kupferchlorür, weshalb aller Wahrscheinlichkeit nach die Thiere beim Glühen des Gases gesund blieben.

Es kam uns der Gedanke, ob das chlorhaltige Sauer-

---

1) Von Dr. Feder ausgeführt.

stoffgas nicht aus dem Harnstoff oder dem Ammoniak des Harns im Athemraum Stickgas entwickelt, wie das Chlor es bekanntlich thut. Wir haben deshalb von dem Sauerstoffgase durch eine Harnstofflösung von bekanntem Gehalt geleitet, beobachteten aber keine Aenderung des Titres derselben. Auch nach längerer Berührung des Gases mit Ammoniak konnte in demselben kein Stickstoff nachgewiesen werden[1]). Jedoch ist eine solche Entwicklung von Stickstoff bei den Versuchen von Seegen und Nowak, wenigstens bei denjenigen, bei welchen die circulirende Luft nicht über glühendes Kupferoxyd strich, wohl möglich, da sich dabei das im Sauerstoff befindliche Chlor allmählich im Athemraum ansammeln und die Luft darin somit reicher an Chlor werden musste. —

Es finden sich demnach mehrfache Quellen für Stickstoff in der Vorrichtung von Seegen und Nowak.

Aller Stickstoff, der in einer kleinen Probe des Sauerstoffgases kaum erkennbar ist, sammelt sich aber nach und nach im Athemraum an; alle Fehler, welche bei dem Versuche gemacht werden, rechnen sich zum Stickstoff zu, dessen Menge aus dem Volum des rückständigen Gases entnommen wird. Seegen und Nowak geben über die Gasanalyse nichts an, sie sagen nur, dass sie dieselbe nach der Bunsen'schen Methode gemacht hätten; aber wie weit die Genauigkeit ihrer Bestimmung geht, ist leider nicht zu entnehmen, da sie jedesmal nur eine einzige Analyse mittheilen und kein Beispiel mit allen Zahlenresultaten angeben, aus dem die Fehlergrenzen ersichtlich wären. Bei der äussersten Sorgfalt ist die Genauigkeit der Bestimmung des Stickstoffs nach Bunsen's Methode wohl nicht grösser als auf 0,05 Vol.-Proc.; der geringste daraus stammende Fehler beträgt daher bei Analyse von 50 ccm Luft wegen

1) Von Dr. Feder ausgeführt.

der Berechnung von dem kleinen Gasvolum auf 50, 70 und 310 Liter und der Multiplication mit den Factoren 1000, 1400 und 6200:

bei 50 Liter Luft	25 ccm	=	0,031 g	Stickstoff
„ 70 „ „	35 ccm	=	0,044 g	„
„ 310 „ „	155 ccm	=	0,195 g	„

Wir wollen nun noch untersuchen, wie viel Stickstoff in dem zugeführten Sauerstoffgas enthalten sein müsste, um die von Seegen und Nowak gefundenen Mengen von Stickstoff zu decken.

Dieser Nachweis gelingt am besten, wenn man sich nicht auf ihre Versuche allein beschränkt, sondern zugleich auch die von Regnault und Reiset in Betracht zieht, welche über den gesammten Gaswechsel im Apparate ein vollständigeres Bild geben. Wir finden uns zunächst veranlasst, auf das relative Verhältniss zwischen ausgeathmetem Stickstoff und verzehrtem Sauerstoff hinzuweisen. Regnault und Reiset sagen schon in der Einleitung [1]: „Die vorhergehenden Versuche zeigen, dass im Allgemeinen eine Entwicklung von Stickstoff stattfindet, dass aber die Menge des entbundenen Stickstoffs nur ein sehr kleiner Bruchtheil von der Menge des verbrauchten Sauerstoffs ist". Wenn man die Versuche Nr. 16—26 an Kaninchen hernimmt [2]) und den Versuch Nr. 19, in welchem das Thier wegen Stillstandes der Pumpen zu Grunde ging, ausschliesst, so wurden 1078,6 g Sauerstoff verzehrt und 4,1 g Stickstoff ausgeathmet, was sich wie 10000:37 verhält. Die Gewichte Sauerstoff und Sticktoff in Volume umgerechnet, kommen auf 10000 Raumtheile Sauerstoff 42 Raumtheile Stickstoff, d. i. weniger als ½ Vol.-Proc.

---

1) a. a. O. S. 264.
2) a. a. O. S. 266.

Nimmt man die Versuche an Hunden [1]), so ergeben sich fast genau dieselben relativen Verhältnisse. Die Hunde verbrauchten in den Versuchen Nr. 27—38 1481,4 g Sauerstoff und lieferten 5,6 g Stickstoff, was auf 10000 g Sauerstoff 38 g Stickstoff entspricht oder 43 Zehntausendtheilen, also wieder noch nicht 1/2 % dem Volumen nach. Bei diesen 12 Versuchen war ein Hund *A* viermal verwendet und dabei wurde

Nr.	Sauerstoff verzehrt in Grm.	Stickstoff ausgeathmet in Grm.
27	182,288	0,182
28	182,381	0,624
29	146,479	1,016
35	156,330	0,059
	667,478	1,881

oder es treffen auf 10000 g Sauerstoff 28 g Stickstoff.

Die Verhältnisszahl für den Stickstoff ist daher beim Hunde *A* niedriger als das vorher angegebene Mittel, ohne dass sich in der Nahrung oder im Verhalten des Thieres ein Grund dafür finden liesse. Die Stickstoffwerthe in den einzelnen Versuchen an einem und demselben Thiere schwanken so regellos und so bedeutend, ohne dass man sich den geringsten Grund dafür denken kann, dass man nur das Walten eines Zufalls darin zu erblicken vermag. Im Versuche Nr. 29 scheidet der Hund binnen 21 Stunden 15 Minuten 1,016 g, im Versuche Nr. 35 binnen 17 Stunden 40 Minuten nur 0,059 g aus, also einmal in der Stunde 0,041 g, das andere Mal 0,003 g — ein Unterschied um mehr als das 11 fache. Die Physiologie kennt keine einzige Function, welche unter sonst normalen und gleichbleibenden Verhältnissen in solchen Sprüngen schwankte.

Die Stickstoffzahlen von Regnault und Reiset und die

1) a. a. O. S. 270.

von Seegen und Nowak sind nicht direct vergleichbar; die ersteren geben an, wie viel Stickstoff auf den verzehrten Sauerstoff kommt, die letzteren, wie viel auf 1 kg Thier in der Stunde trifft. Die Versuche der Letzteren können nicht auf den Maassstab der Ersteren umgerechnet werden, weil Seegen und Nowak den verzehrten Sauerstoff nicht bestimmt haben; aber die Versuche der Ersteren können auf den Maassstab der Letzteren gebracht werden, und wir wählen da wieder die Versuche am Hunde *A*.

Nr.	Körper-gewicht in Grm.	Stickstoff in Grm.	Versuchs-dauer	Stickstoff pro Kilo Thier u. Stunde in Grm.
27	6393	0,182	24 St. 30 M.	0,0011
28	6370	0,624	22 15	0,0044
29	6290	1,016	21 15	0,0075
35	6390	0,059	17 40	0,0005
			Mittel:	0,0034

Unter den Versuchen von Seegen und Nowak finden sich fünf mit Hunden, welche wir in der gleichen Form anschreiben wollen:

Nr.	Körper-gewicht in Grm.	Stickstoff in Grm.	Versuchs-dauer	Stickstoff pro Kilo Thier u. Stunde in Grm
16	4200	2,384	62 St.	0,0090
20	3500	2,085	70	0,0085
21	3500	1,726	62	0,0081
29	6500	1,585	32	0,0076
30	6500	2,888	68	0,0063
			Mittel:	0,0079

Demnach haben die Hunde von Seegen und Nowak durchschnittlich mehr als nochmal so viel Stickstoff ausge-

athmet als der Hund *A* von Regnault und Reiset, was vielleicht davon herrührt, dass das über Wasser und Oel stehende Sauerstoffgas nochmal so viel Stickstoff aufnimmt als das über Chlorcalcium.

Um das volumetrische Verhältniss zwischen gewonnenem Stickstoff und verzehrtem Sauerstoff auch bei den Versuchen von Seegen und Nowak beurtheilen zu können, wollen wir zunächst annehmen, dass sie, wenn sie den verzehrten Sauerstoff bestimmt hätten, keine andere Relation als durchschnittlich Regnault und Reiset gefunden hätten.

Nach Regnault kommen bei Hunden im Mittel auf 1 g verzehrten Sauerstoffes 0,0038 g ausgeathmeten Stickstoffs. Unter Annahme der Constanz dieses Verhältnisses lässt sich die Sauerstoffmenge approximativ berechnen, welche die Hunde von Seegen und Nowak verzehrt haben müssen.

Der zu Versuch 16 verwendete ergab 2,384 N entsprechend 627 g O
" " " 20 " " 2,085 N " 548 O
" " " 21 " " 1,726 N " 454 O
" " " 29 " " 1,585 N " 417 O
" " " 30 " " 2,888 N " 760 O

Man kann nun die gefundenen Gewichte des Stickstoffs und die berechneten des Sauerstoffs in Volumen bei 0° und 760 mm Druck umrechnen und erhält in Litern:

für Versuch	Stickstoff in Liter	Sauerstoff in Liter	Summe von N und O	N in Vol.-Proc.
16	1,9	438,4	440,3	0,45
20	1,7	383,2	384,9	0,44
21	1,4	317,4	318,8	0,44
29	1,2	291,6	292,8	0,41
30	2,3	530,7	533,0	0,43
			Mittel:	0,43

d. h. wenn das von Seegen und Nowak verwendete Sauerstoffgas 0,4 Vol.-Proc. Stickgas enthielt, so erklärt sich

unter obiger Voraussetzung die von ihnen beobachtete Vermehrung des Stickstoffs im Athemraum.

Da aber Seegen und Nowak wesentlich mehr Stickstoff erhielten als die französischen Forscher, so ist es vielleicht nicht gerechtfertigt, bei beiden das nämliche Verhältniss von Stickstoff und Sauerstoff anzunehmen; es ist daher möglicherweise besser, die Quantität des von den Hunden von Seegen und Nowak verbrauchten Sauerstoffs nach den von Regnault und Reiset für diese Thiere gefundenen Zahlen zu berechnen, nach denen im Mittel auf 1 kg des Thieres für 1 Stunde 1,19 g Sauerstoff treffen. Darnach würde sich ergeben:

Versuch Nr.	Zeit in Stunden	Gewicht des Thieres	Sauerstoff in Grm.	Sauerstoff in Liter	Stickstoff in Liter	Stickstoff in Vol.-Proc.
16	62	4200	309,9	216,6	1,9	0,87
20	70	3500	291,6	203,9	1,7	0,82
21	62	3500	258,2	180,5	1,4	0,77
29	32	6500	247,5	173,0	1,2	0,69
30	68	6500	526,0	367,7	2,3	0,62
					Mittel:	0,75

d. h. es liesse sich die von Seegen und Nowak gefundene Vermehrung des Stickstoffs vollständig von einer Verunreinigung des Sauerstoffs ableiten, wenn dieser 0,75 Vol.-Proc. Stickstoff enthielte.

Da wir nachgewiesen haben, dass das Sauerstoffgas in unserem Gasometer, obschon es nahezu stickstofffrei in denselben gebracht worden war, nach 7 Tagen bereits 1,52 Vol.-Proc. und nach 4 Wochen sogar 6,0 Vol.-Proc. Stickstoff aufgenommen hatte, so wäre es wohl möglich, den zur Erklärung des von Seegen und Nowak gefundenen Stickstoff-

überschusses im Sauerstoffgas nöthigen Gehalt von 0,43 bis 0,75 Vol.-Proc. an Stickstoff durch die Wirkung der Diffusion und die übrigen Stickstoffquellen zu decken. Es ist auffallend, dass Seegen und Nowak, die doch von so Vielem sprechen, keine Silbe in ihrer langen Abhandlung darüber verlieren, wie sie die Reinheit ihres Sauerstoffgases controlirt haben. So erklärlich uns die von ihnen gefundene Stickstoffvermehrung im Athemraum bei Thieren ist, so schwer erklärlich ist es bei der Annahme einer Verunreinigung des Sauerstoffgases, dass ihre Weingeistlampe nur eine so geringe Stickstoffzunahme geliefert hat, in dem einen Controlversuch nur 9 und in dem andern nur 88 mg, was einem Gehalte des Sauerstoffs von nur 0,008 und 0,06 Vol.-Proc. an Stickstoff entsprechen würde.

Es liessen sich zwar manche Einwendungen gegen diese beiden Controlversuche mit Weingeist machen, aber wir sind nicht gewillt, die von Seegen und Nowak gefundene Stickstoffansammlung ausschliesslich von einem Gehalt des Sauerstoffgases an Stickstoff abzuleiten; weitaus das Bedenklichste der Versuchsanordnung bei Seegen und Nowak liegt in einer anderen Richtung.

III.

Es ist bekannt, welche Sorgfalt man bei Gasanalysen darauf verwenden muss, um dem Gasgemenge die nämliche Temperatur zu ertheilen wie die der nächsten Umgebung und die letztere genau zu ermitteln. Befindet sich das Eudiometer, welches doch nur ein kleines Volum Gas (nicht 100 ccm) einschliesst, in der Luft, so muss man sehr viele Vorsichtsmaassregeln anwenden, wenn man in dem ganzen Gasgemische die gleiche Temperatur erzielen will. Man versenkt daher gewöhnlich, um die Zeit abzukürzen, in welcher dies eintritt, und die Störungen, welche sich beim Ablesen

geltend machen, hintanzuhalten, die ganze Eudiometerröhre in eine grössere Menge von Wasser.

Bei der Methode von Seegen und Nowak muss das Volum der in dem grossem Athemraum und der ganzen langen Leitung eingeschlossenen Luft (50—310 Liter betragend), um deren Stickstoffgehalt zu erfahren, genau bekannt sein, aber auch ihre Temperatur vor und nach dem Versuch und der Druck, unter dem sie steht, denn es wird dabei nicht der gesammte Stickstoff bestimmt, sondern derselbe aus dem Stickstoffgehalte einer kleinen Probe durch tausendfache Multiplication nur berechnet.

Wenn nun schon es grosse Schwierigkeiten macht und grosse Vorsicht erheischt, das geringe in einem Eudiometer befindliche Luftvolum auf seine Temperatur zu untersuchen, so ist selbstverständlich, dass jenes grosse Luftvolum des Athemraumes diese Schwierigkeiten entsprechend erhöhen muss. Bei den Versuchen von Seegen und Nowak wird aber die Temperatur an dem ausgedehnten Apparate durch ein einziges an einer bestimmten Stelle des Athemraums angebrachtes Thermometer bestimmt und ohne weiteres vorausgesetzt, dass die Temperatur im ganzen Raum, in dem die Thiere sich befinden, sowie in der langen übrigen Leitung absolut die gleiche sei und zwar in einem Zimmer, in welchem für gewöhnlich in der Nähe des Athemkastens und in die Leitung, durch welche die Luft circulirt, eingeschlossen während langer Zeit ein Verbrennungsofen glühend erhalten worden war und auch Menschen thätig sind.

Unter solchen Umständen die Temperatur eines grossen Luftvolums genau zu bestimmen schien uns von vorn herein unmöglich zu sein. Wir haben aber dennoch, um uns von dem thatsächlichen Verhalten zu unterrichten, einige Versuche hierüber an unserem kleinen Respirationsapparate angestellt.

1. In den Athemkasten, welcher einen Kubus von je 73 cm Seitenlänge darstellt, also 389 Liter fasst, wurden in

einen Drahtkäfig eingeschlossen, drei Kaninchen gebracht. An verschiedenen Stellen des Kastens waren 12 Thermometer aufgestellt, um die Temperatur der Luft zu bestimmen. Der Kasten wurde ventilirt (1015 Liter in der Stunde); die Temperatur der Zimmerluft war eine niedrige, 8,2—8,7° C. Es währt länger als 5 Minuten (gewöhnlich 15—25 Minuten), bis nach dem Einbringen der Thiere die Temperatur nicht mehr steigt. Die Temperatur an verschiedenen Stellen des mit Thieren belegten Raumes schwankte von 8,5 bis 11,9° C., die Differenz betrug also 3,4° C.

2. In einer zweiten Versuchsreihe mit drei Kaninchen war die Zimmertemperatur eine höhere, ähnlich der bei den Versuchen von Seegen und Nowak (19,2° C). Die übrige Anordnung war die nämliche wie bei dem ersten Versuche; nur war die Ventilation eine wesentlich schwächere (666 Liter in der Stunde), nur halb so gross als bei den Versuchen von Seegen und Nowak. Hier nimmt an einigen Stellen nach 15 Minuten die Temperatur nicht mehr zu, an anderen währt es 35 Minuten, bis eine Constanz eingetreten ist. Die Temperaturdifferenzen betragen 19,5—21,1 = 1,6° C.

3. Es wird eine Weingeistlampe, welche für 1 Stunde 6,02 g Alkohol verzehrte, auf dem Boden des Athemkastens aufgestellt und zur Verhütung der Erwärmung der Decke Drahtnetze in einiger Entfernung von der Flamme angebracht. Wir hatten nämlich in einem früheren Versuche die Erfahrung gemacht, dass eine in einem kleineren, nur 64 Liter fassenden Athemkasten befindliche Alkoholflamme, welche in der Stunde 9,0 g Alkohol verbrannte, nach 20 Minuten die 32 cm davon entfernte Glasdecke bis auf 47,6° C. erwärmte, während die Temperatur der übrigen Theile nur um 2,9—4,6° C. zugenommen hatte. Bei dem jetzigen Versuche nun hatte sich an einigen Stellen nach 20 Minuten ein Gleichgewichtszustand hergestellt, an anderen noch nicht nach 40 Minuten. Die Temperaturen im Kasten schwankten

zwischen 17,5 und 27,0° C. Die äussere Temperatur betrug 17,1° C. Nach dem Auslöschen der Flamme und fortdauernder Ventilation währte es mindestens 37 Minuten, bis die Abkühlung bis zur Temperatur der Zimmerluft an einigen Thermometern eingetreten war, an anderen war sie noch nach 67 Minuten nicht vollendet.

4. In diesem Versuche wurde mit der Luftzuleitungsröhre des kleineren Athemraums von 64 Liter Inhalt ein Verbrennungsofen verbunden, in welchem die Luft zuerst über eine glühende Glasröhre strich. Zwischen dem Ofen und dem Kasten befand sich ein 46 cm langer Liebig'scher Kühler, der 300 ccm Wasser fasste. Die Entfernung des Ofens vom Kasten betrug 1,19 m; dazwischen war als Schirm gegen die Wärme ein Brett aufgestellt. Obwohl am Ofen nur 15 Flammen brannten und zwar nur so weit als zur schwachen Rothglut der Glasröhre nöthig war, und die Ventilation eine beträchtliche war (für 1 Stunde 1533 Liter, nahezu die gleiche wie bei den Versuchen von Seegen und Nowak), so stieg die Temperatur des Kühlwassers doch auf 60° C. Die Temperatur im Innern des Kastens nahm nach der Verbindung des Ofens mit dem Zuleitungsrohr sehr ungleich zu, nämlich an den von der Zuleitungsröhre entfernteren Stellen um 5,7—8,7° C., an den näheren um 12,4, 19,9 und 37,7° C. Nach dem Auslöschen und Ausschalten des Ofens war im Innern noch nach 52 Minuten die Temperatur etwas höher als aussen, wo sie zuletzt 19,4° betrug.

Wenn nun schon im Innern des Kastens an verschiedenen Stellen die Temperatur nicht die gleiche ist, so ist dies noch viel weniger möglich in der langen Leitung, in welcher die Luft in Röhren bewegt und durch Flüssigkeiten geleitet, ja an einer Stelle sogar geglüht wird. Die stark erhitzte Luft tritt bei dem Apparat von Seegen und Nowak in eine mit Wasser gefüllte Kühlvorrichtung, worin sie aber schwerlich ganz abgekühlt werden kann. Sie gelangt nach

dem obigen Versuche wahrscheinlich noch sehr heiss in den Athemraum zurück. Und nun soll durch ein einziges Thermometer an einer bestimmten Stelle die mittlere Temperatur des ganzen 50—310 Liter fassenden Athemraums mit der Röhrenleitung genau bestimmt werden. Dies ist einfach unmöglich.

An dem Athemraum von Seegen und Nowak sind alle Leitungsröhren sowie das Thermometer am Deckel angebracht, so dass das aus dem Gasometer kommende Sauerstoffgas oben eintritt, die aus dem Raume weggesaugte Luft oben weggenommen und die dahin zurückkehrende heisse Luft oben wieder zugeführt wird, ferner die Probe der Luft zur Analyse oben abgesaugt und die Temperatur in den oberen Schichten gemessen wird; es ist denkbar, dass dadurch keine vollständige Mischung der Luft im Kasten sich herstellt und eine Luft zur Untersuchung kommt, welche nicht die mittlere Zusammensetzung und Temperatur der Luft im Kasten besitzt.

Regnault und Reiset haben wohlweislich den ganzen Athemraum (von nur 45 Liter Inhalt) mit Wasser umgeben und in diesem letzteren die Temperatur gemessen; sie haben so den Fehler jedenfalls wesentlich verkleinert.

Man kann berechnen, wie viel es im Stickstoffgehalte ausmacht, wenn die Mitteltemperatur bei den Versuchen von Seegen und Nowak um 1° oder 2° oder 3° etc. ungenau bestimmt worden ist. Nimmt man bei sonst unveränderten Verhältnissen statt 17° eine höhere Temperatur, von 18° oder 19° oder 20° etc. an, so ergeben sich für die drei Versuchskäfige folgende Differenzen der Stickstoffmengen in Gramm:

Athemraum in Liter	für 18°	für 19°	für 20°	für 21°	für 22°	für 23°
50	0,161	0,321	0,478	0,636	0,791	0,947
70	0,223	0,450	0,670	0,890	1,108	1,325
310	1,000	1,990	2,970	3,940	4,907	5,870

d. h. es erklärt sich das von Seegen und Nowak gefundene Plus an Stickstoff vollständig, wenn sie eine zu niedrige mittlere Endtemperatur durch ihren Thermometer erhalten haben und zwar um 1—5°C.

Dies ist nun nach unsern obigen Erfahrungen sehr wohl möglich. Da die Differenzen im procentigen Stickstoffgehalt der Luft im Athemraum nach den Bestimmungen von Seegen und Nowak beim Beginn und am Ende des Versuchs nur gering sind, im Mittel nur 1,5%, so kommt es ganz wesentlich auf die genaue Feststellung des mittleren Temperaturgrades an. Jedenfalls darf man schliessen, dass die Resultate der Beiden kein Zutrauen verdienen, ehe diese Fehlerquelle nicht ausgeschlossen ist. Daraus scheint sich nun auch zum Theil aufzuklären, warum die beiden Weingeistcontrolversuche derselben nur ein unbedeutendes Stickstoffplus ergeben haben[1]). Denn bei diesen Versuchen allein wurde nach dem Verlöschen der Lampe das Auspumpen der Luft noch 4 Stunden fortgesetzt, wodurch sich die Ungleichartigkeit der Temperatur ausgleichen musste. Es wäre interessant zu wissen, welche Erfahrungen Seegen und Nowak dabei gemacht haben; ob sie hier gleich auf den guten Gedanken gekommen sind, nach dem Erlöschen der Flamme noch zu ventiliren, oder ob sie durch beträchtliche Verschiedenheiten der Temperatur der äusseren und inneren Luft oder vielleicht gar durch ein hohes Stickstoffplus dazu genöthigt worden sind. Bei den Thierversuchen ist im Allgemeinen in derselben Zeit, namentlich bei Einschaltung des Verbrennungsofens, nicht weniger Wärme geliefert worden als durch den verbrennenden Weingeist; wenn das nachträgliche Auspumpen für die Versuche

---

1) Abgesehen davon, dass sich dabei auch kein Ammoniak entwickelt haben kann wie bei den Thierversuchen aus dem Harn.

mit dem Weingeist nöthig war, so musste es auch bei den Thierversuchen geschehen.

Vielleicht erklärt sich das geringe Plus und Minus an Stickstoff, welches Regnault und Reiset gefunden haben, theilweise auch dadurch, dass das den Athemraum umgebende Wasser durch Schwankungen der äusseren Temperatur während des Versuchs eine etwas niedrigere oder höhere Temperatur angenommen hat als die Luft im Athemraum[1]).

Kellner[2]) wendet gegen Seegen und Nowak ein, die Luft des Athemraums, aus welchem diese die Gasprobe zur Untersuchung genommen, habe nicht die gleiche Zusammensetzung wie die der 17 Liter fassenden Röhrenleitung; die letztere enthielte nämlich am Schluss des Versuchs Luft,

---

1) Die Verminderung des Stickgases, welche Regnault und Reiset bei einer Anzahl von Versuchen erhalten haben, ist eine Thatsache, welche sehr wohl beachtet werden muss. Seegen und Nowak, die im Gegensatz dazu stets eine Zunahme des Stickstoffs fanden, sprechen darüber kein Wort, und wir wissen daher nicht, wie sie sich dieselbe erklären. Entweder liegt dabei ein Versuchsfehler vor, dann kann aber auch die ebenso beträchtliche Vermehrung des Stickstoffs auf einem solchen beruhen. Oder es ist der verschwundene Stickstoff zum Aufbau stickstoffhaltiger Substanz verwendet worden, was man doch wohl nicht annehmen will. Oder es ist derselbe endlich als solcher in die Säfte und Höhlen des Körpers eingetreten, dann muss aber die ebenso grosse Stickstoffabgabe auf die gleiche Weise aufgefasst werden. In den Fällen, bei welchen es sich um eine grössere Ausscheidung von Stickstoff beim Athmen in einem Luftgemenge handelt, in welchem der Stickstoff durch Wasserstoff ersetzt ist (bei einem Kaninchen in 20 Stunden 1,073 g Stickstoff), findet offenbar ein Austreiben des im Körper des Thieres vorhandenen, aus der atmosphärischen Luft stammenden Stickstoffs durch das Wasserstoffgas statt, wie es Regnault und Reiset ebenfalls für wahrscheinlich halten.

2) Untersuchungen über einige Beziehungen zwischen Muskelthätigkeit und Stoffzerfall im thierischen Organismus, ausgeführt auf der kgl. landw. Versuchsstation Hohenheim, in den landw. Jahrbüchern 1880, 2. Bericht.

welche grösstentheils frei von Kohlensäure und Wasserdampf sei, weil, wie er meint, die Absorptionsgefässe unmittelbar nach dem Austritt der Luft aus dem Käfig sich befunden hätten. Dieser Einwand ist nicht ganz gerechtfertigt, da die Absorptionsapparate nicht am Anfang, sondern am Ende der Leitung angebracht sind; Kellner ist wahrscheinlich durch die falsche Zeichnung der Ventilstellung in der Abhandlung von Seegen und Nowak zu seiner Meinung verführt worden. Aber es hat doch gewiss ein Theil der Luft der Röhrenleitung eine andere Zusammensetzung wie die im Athemraum und ist es richtig, dass die verschiedene Tension des Wasserdampfes bei den Berechnungen von Seegen und Nowak nicht berücksichtigt ist, wenigstens ist von dieser Fehlerquelle in ihrer Abhandlung nicht die Rede.

Eines aber ist endlich noch in hohem Grade auffallend, das ist die fast gleiche Temperatur bei den Versuchen von Seegen und Nowak. Dieselben sagen, sie hätten sich 6 Jahre lang mit ihrer Untersuchung beschäftiget; in 34 Versuchen, die von ihnen angegeben werden, schwankt die Temperatur von 16,8—17,9° C., die grösste Schwankung beträgt also 1,1° C. In manchen Versuchen, welche bis zu 110 Stunden währen, ist die Temperatur zu Anfang und am Ende absolut die nämliche, oder sie ist nur um einige Zehntel Grad verschieden. Wir können nur sagen, dass es uns unmöglich war, eine solche Constanz der Temperatur in Räumen zu beobachten, welche in besonderer Weise für Gasanalysen gebaut waren, um die Temperaturschwankungen so klein als möglich zu machen. Wenn die Arbeit von Seegen und Nowak 6 Jahre in Anspruch genommen hat, so ist wohl ein Theil ihrer Versuche bei kälterer, ein Theil bei wärmerer Jahreszeit gemacht worden, aber die Temperatur des Raumes wird immer zu nahezu 17° angegeben. Sind die Versuche nur im Winter ausgeführt worden, so will es uns wenigstens nicht gelingen, die Temperatur durch Heizen

stets so gleichmässig zu halten; sind sie nur im Sommer angestellt worden, so wüssten wir nicht, wie man die Temperatur in einem gewöhnlichen Zimmer stets auf der nämlichen Höhe bewahren kann, denn der Beginn und das Ende des Versuchs fielen meist nicht in die gleiche Tageszeit. Jedermann weiss, dass im Sommer die Räume zu verschiedener Tageszeit eine sehr ungleiche Temperatur besitzen. Das Thermometer ist im Athemkasten aufgestellt; trotzdem ist es fast gleichgültig, ob in dem Kasten ein einziges Huhn oder fünf Hühner sich befanden, ein Kaninchen oder vier Kaninchen darin lebten. In 28 Versuchen brannte ein Verbrennungsofen im Zimmer nahe dem Athemraum, in 14 Versuchen nicht; die Temperatur wurde jedoch dadurch nach den Angaben von Seegen und Nowak nicht beeinflusst. Als wir bei den vorher erwähnten Versuchen den Verbrennungsofen anzündeten, stieg die Temperatur im Zimmer von 17,7° in 1 Stunde 25 Min. auf 22,0° und fiel nach dem Abkühlen desselben erst in 52 Minuten wieder auf 19,4° ab[1]).

Es ist uns absolut unmöglich, dieses merkwürdige Gleichbleiben der Temperatur zu verstehen. Wir glauben, dass neben der nicht vermiedenen Diffusion von Stickstoff in den Vorrath des Sauerstoffs die Annahme der gleichen Temperatur an allen Stellen des Athemraums und in der

1) Wenn man aus den von Seegen und Nowak auf S. 414 ihrer Abhandlung mitgetheilten Zahlen der täglichen Stickstoffausscheidung der Thiere die stündliche Stickstoffabgabe berechnet, so findet man, dass für jeden der drei Athemkästen fast immer die gleiche Stickstoffmenge sich ergiebt, im Mittel 0,0129 g für den 50 Liter fassenden Raum, 0,0317 g für den von 70 Liter Inhalt und 0,0469 g für den von 310 Liter. Es finden sich nur einige Ausnahmen, und es scheint in einer Anzahl von Fällen, als ob die Grösse des Kastens für die Stickstoffproduction von wesentlicherem Einfluss ist als die Grösse des darin athmenden Thierkörpers, d. h. dass irgendwo eine bestimmte Fehlerquelle sich findet, die mit dem Volum des Athemraums wächst.

langen Röhrenleitung, sowie auch die geringen Schwankungen der Temperatur bei den verschiedenen Versuchen zu so gewichtigen Bedenken gegen die Versuchsanordnung von Seegen und Nowak Veranlassung geben, dass wir vor deren Hebung die dadurch erhaltenen Resultate nicht als richtig ansehen können. Es ist durch die Versuche von Seegen und Nowak daher nicht, wie sie meinen, „unzweifelhaft festgestellt, dass der thierische Organismus im Stande ist, einen Theil des aus der Umsetzung der Albuminate frei werdenden Stickstoffs in Gasform auszuscheiden", sondern man muss vielmehr annehmen, dass das von ihnen erhaltene Plus an Stickstoff das Resultat mangelhafter Beobachtung ist.

Richtig angestellte Versuche, welche allerdings grossen Schwierigkeiten begegnen, werden, dies sind wir fest überzeugt, nicht die Zunahme des Stickstoffs im Athemraum ergeben, wie sie Seegen und Nowak gefunden haben. Nach den Versuchen von M. Gruber ist es unmöglich, dass aus der Zersetzung des Eiweisses herrührendes Stickgas den Körper verlässt, denn er erhielt bei sorgfältigster Berücksichtigung aller Cautelen während 17 Tagen von 368,53 g im Fleisch eingeführtem Stickstoff 368,28 g im Harn und Koth wieder, während Seegen und Nowak nach ihren Versuchen behaupten, dass 9,5% des umgesetzten Stickstoffs vom Körper in Gasform weggehen, wornach im Harn und Koth nur 333,52 g Stickstoff hätten gefunden werden müssen.

IV.

Wir könnten nun wohl unsere Entgegnung beschliessen. Seegen und Nowak haben sich aber auch gegen den zu unseren Respirationsbestimmungen benutzten Athemapparat gewendet; um nicht die Meinung aufkommen zu lassen, als ob sie hierin im Rechte wären, sei es uns gestattet, hierauf einiges zu erwidern. Seegen und Nowak richten sich be-

sonders gegen die Vielen so höchst unbequemen Controlversuche, welche uns darthaten, dass unser Apparat bis zu einem bekannten Grade zuverlässige Angaben liefert.

Gegen die Genauigkeit der Kohlensäurebestimmungen können sie keine berechtigte Einwendung machen; sie ist durch die dahier, sowie in Weende von Henneberg[1]) und in Leipzig von Stohmann[2]) ausgeführten Controlversuche über allen Zweifel nachgewiesen.

Aber die Controlversuche, welche gemacht wurden, um die Genauigkeit der Wasserbestimmung im Apparat zu prüfen, wird von ihnen kritisirt. Wir sind nicht gewillt, Seegen und Nowak in das Detail ihrer Darstellungen zu folgen, da jeder, welcher die Berichte über unsere Versuche[3]) aufmerksam liest, im Stande ist, die Insinuationen derselben zu beurtheilen. Es war in den ersten Versuchen der Art gezeigt worden, dass bei Verdunstung einer grösseren Wassermenge durch eine Weingeistflamme, wenn der Versuch durch 24 Stunden fortgesetzt wurde, der Fehler 1,5% betrug. Allerdings war der Fehler bei späteren nur 8stündigen Versuchen und Verbrennung von Stearin grösser; weil aber erfahrungsgemäss der procentige Fehler mit der Zeit abnimmt, so wurde von uns darnach für einen 24stündigen Versuch der mittlere Fehler zu 9,6 g Wasser berechnet. Da dieser Fehler die Schlussfolgerungen aus unseren Versuchen nicht alterirte und vollkommen gleichgültig war, so waren wir damals nicht bestrebt, den Grund für jene etwas grössere Abweichung zu suchen. Wir haben aber stets angegeben,

1) Neue Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer 1870 Heft 1 S. 48.

2) Landw. Versuchsstationen 1876 Bd. 19 S. 95.

3) Ann. d. Chem. u. Pharm. 1862, 2. Suppl.-Bd. S. 47; Sitzungsber. d. k. b. Akad., math.-physik. Classe, 14. Febr. 1863 S. 152; Zeitschrift für Biologie 1875 Bd. 11 S. 126.

wie weit genau unsere Bestimmungen sind; so haben wir z. B. für das durch die Respiration beim Menschen verdunstete Wasser bis zu 30 g als grösstmöglichen Fehler bezeichnet[1]).

Nachdem aber Henneberg mit seinem in viel grösserer Dimension gebauten Respirationsapparate bei den Wassercontrolversuchen sehr bedeutende Differenzen gefunden hatte, ohne im Stande zu sein, den Grund dafür zu entdecken, beschäftigten wir uns wieder mit der Sache[2]) und suchten, woher die differenten Resultate kommen mögen. Dass unser Apparat für unsere Zwecke genügend genaue Werthe für das Wasser, wenn auch anscheinend nicht so genaue wie für die Kohlensäure, giebt, stand fest; wir waren jedoch bestrebt, den Grund der Henneberg'schen Resultate zu finden und zu gleicher Zeit die Bestimmungen des Wassers auf einen noch höheren Grad der Vollkommenheit zu bringen, weshalb wir alles, was von Einfluss auf jene Bestimmung sein konnte, experimentell untersuchten. Aber es gelang lange nicht, obwohl mannigfache Ursachen aufgedeckt wurden, welche die Ermittlung des Wassers zu einer weniger genauen machen als die der Kohlensäure, und obwohl alle möglichen Verbesserungen angebracht wurden, bei Brennen von Stearinkerzen den Fehler wesentlich zu verkleinern. Es wurde dargethan, dass sich bei unserem Apparate an den Wandungen des Kastens oder der Leitungsröhren kein Wasserdampf condensirt, oder vorher niedergeschlagenes Wasser weggenommen wird, dass die Verbesserung der Absorptionsapparate für das Wasser oder der Gasuhren keinen wesentlichen Ausschlag giebt. Schliesslich wurde der so lange gesuchte Fehler in der Wasserbestimmung nicht im

1) Zeitschrift für Biologie 1866 Bd. 2 S. 476.

2) Zeitschrift für Biologie 1875 Bd. 11 S. 126 (mit Ernst Voit und J. Forster).

Apparat und in der Methode, sondern in dem Material, welches zur Erzeugung von Wasser benutzt wurde, nämlich in den Stearinkerzen, erkannt; dieselben liefern ein unvollständig verbranntes, an Wasserstoff reiches Gas oder Wasserstoff, sie liefern aber auch meist nur sehr wenig Wasser, wodurch der procentige Fehler stark vergrössert wird. Beim Verdunsten einer der Abgabe des thierischen Organismus entsprechenden Wassermenge erhielten wir dasselbe wieder bis auf 3 Procent; deshalb hatten wir auch früher bei unsern ersten Wassercontrolversuchen, wo mit einer kleinen Weingeistflamme viel Wasser verdunstet worden war, brauchbare Resultate erzielt. Die bei den Thierversuchen mit unserem Apparat ausgeführten Bestimmungen sind daher für die Kohlensäure bis auf etwa 1 Procent, für das Wasser bis auf etwa 3 Procent genau. Wir haben dabei auf eine Anzahl von Mängeln bei den Wasserbestimmungen von Henneberg aufmerksam gemacht, auf die grossen Differenzen der beiden gleichzeitigen Proben und auf die Anwendung der Stearinkerzen; es kann sich aber auch bei den viel grössere Dimensionen darbietenden Apparaten, welche von Henneberg und von Stohmann für die Untersuchung des Gasaustausches grösserer Thiere gebaut worden sind und bei welchen die Wände der Kammer ungleiche Temperaturen besitzen, um eine Condensation von Wasser an denselben handeln, wie Stohmann[1]) durch Verdampfung von Wasser mittels Erhitzung des Bodens des Kastens nachzuweisen suchte.

Seegen und Nowak haben unsere Wassercontrolbestimmungen vorzüglich deshalb angegriffen, um zu wiederholten Malen sagen zu können, dass auffallenderweise trotz der unvermeidlichen Fehler in den Einnahme- und Ausgabeposten doch die Bilanzen genau übereinstimmen. Wir können

1) Landw. Versuchsstationen 1876 Bd. 19 S. 81 u. S. 159.

daraus nur schliessen, dass Seegen und Nowak unsere Bilanzen nicht näher angesehen haben, oder dass sie sich mit ihrer Kritik derselben nur einen Spass erlauben wollten, der aber in den Augen Sachverständiger gewiss uns nicht lächerlich gemacht hat. Unsere Bilanzen kamen in derselben Weise zu Stande und klappen aus demselben Grunde, wie bei jeder chemischen Analyse mehrfach zusammengesetzter Stoffe, wo ein Bestandtheil nicht direct, sondern aus der Gewichtsdifferenz zwischen der Summe der direct gefundenen Bestandtheile und dem Gewichte der ganzen zur Analyse verwendeten Menge bestimmt wird. Die bei der Bestimmung der einzelnen Bestandtheile gemachten Fehler fallen sämmtlich auf den einen indirect (aus der Differenz) ermittelten Bestandtheil, und wird dadurch die Bilanz jedesmal unvermeidlich zum Stimmen gebracht. So wird bei der Elementaranalyse organischer Verbindungen stets der Sauerstoff derselben aus dem Versuche entnommen: 100 Theile Essigsäure geben z. B. bei der Verbrennung mit Kupferoxyd bald etwas mehr, bald etwas weniger Kohlensäure oder Wasser, woraus dann der Kohlenstoff und Wasserstoff berechnet und das von 100 Fehlende als Sauerstoff in die Rechnung eingesetzt wird. Bei unseren Respirationsversuchen haben wir ebenso den Sauerstoff aus der den Apparat durchströmenden Luft angenommen und in Rechnung gesetzt, wie er bei den Elementaranalysen aus dem Kupferoxyd stammt. Aus dem gleichen Grunde geben auch, obwohl dabei ebenfalls Fehler nicht zu vermeiden sind, die Gasanalysen von Seegen und Nowak, bei denen der Stickstoff aus dem zuletzt übrig bleibenden Gasvolum bestimmt wird, genau die Zahl 100 und nicht manchmal mehr, manchmal weniger. Die Richtigkeit der sich uns ergebenden Sauerstoffzahl aber haben wir auf eine ganz andere Art controlirt, nämlich dadurch, dass wir berechneten, wie viel Sauerstoff nothwendig ist, um die im

Körper zersetzten Stoffe zu oxydiren; da haben wir gezeigt, dass diese Sauerstoffmengen in Soll und Haben nie völlig übereinstimmen, dass jedoch die Differenzen die von uns bestimmten Fehlergrenzen nicht wesentlich überschreiten.

Wir haben die von uns verwendeten Respirationsapparate auf die Genauigkeit ihrer Angaben durch Controlversuche geprüft und für die der Kohlensäure Stearinkerzen angewendet, für die des Wassers die Verdampfung einer bestimmten Menge Wasser als das Beste erkannt. Bei keinem anderen Apparate der Art weiss man, wie weit genau die damit erlangten Resultate sind. Es wäre daher, wie wir schon öfter und gewiss mit Recht hervorgehoben haben, höchst wünschenswerth, wenn die von Anderen benutzten Respirationsapparate ebenfalls in ähnlicher Weise untersucht werden würden. So haben wir dies auch für die Angaben von Regnault und Reiset in Hinsicht der Zunahme oder der Abnahme des Stickstoffs im Athemraum gewünscht. Seegen und Nowak meinen dagegen: „Wenn es sich darum handelt, nachzuweisen, dass der im Apparat entwickelte Stickstoff wirklich aus dem Thierleibe stammt, braucht nur nachgewiesen zu werden, dass dieser Stickstoff nicht von aussen in den Apparat gelangt sein kann; zu dem Zwecke genügt es, zu beweisen, dass während des ganzen Versuches ein Einströmen der äusseren Luft unmöglich, und dass der verwendete Sauerstoff durch Stickstoff nicht verunreiniget war". Wir sind ganz der gleichen Meinung, nur scheint uns dieser Beweis nicht dadurch geführt zu sein, dass man, wie Regnault und Reiset es thun, versichert, sie seien diesen Forderungen gerecht geworden; wir haben darum Regnault und Reiset vorgeschlagen, eine Stearinkerze statt des Thieres in dem Apparate brennen zu lassen und zuzusehen, ob der Stickstoffgehalt im Athemraume wirklich unverändert bleibt.

Seegen und Nowak konnten es sich dennoch nicht versagen, das von Regnault gegen unsere Controlversuche aufgebrachte geflügelte Wort, dass sie ein barbarisches Expriment (procédé barbare) seien, neuerdings zu wiederholen. Wir können nur wiederholt erwidern, dass wir noch immer nicht einsehen können, worin da die Barbarei liegen soll. Eine Stearinkerze ist viel einfacher zusammengesetzt als ein Hund oder ein Kaninchen oder eine Henne, und der Verbrennungsprocess einer solchen Kerze viel weniger in Dunkel gehüllt als der Lebensprocess dieser Thiere. Wie viel eine Kerze oder eine andere Flamme aus der Luft Sauerstoff verzehrt und Kohlensäure abgiebt, muss in einem Apparate, in welchem bestimmt werden kann, wie viel davon Thiere einnehmen und ausgeben, ebenso leicht bestimmbar sein, und falls die Verbrennung keine vollständige ist und sich neben Kohlensäure auch Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd oder Wasserstoff bildet, so muss dies ebenso zu finden sein, als wenn sich diese Gase aus dem Darm der Thiere entwickeln. Uns kömmt es sogar viel barbarischer vor, drei oder vier Kaninchen in ein kleines Gehäuse zu sperren und sie darin zwei und drei Tage lang in ihren Excrementen liegen zu lassen ohne die gesammte Luft zu wechseln, als eine Kerze oder ein Weingeist- oder Oelflämmchen darin zu brennen: die Luft wird im letzteren Falle bei weitem nicht so barbarisch riechen wie im ersteren. Während Regnault und Reiset bei ihren Versuchen nie gewusst haben, was und wie viel ihre Thiere zersetzt haben, hätten sie sehr genau wägen und messen können, wie viel Stearin oder Weingeist oder Oel von genau bekannter Zusammensetzung verbrannt ist und welche Verbrennungsproducte sich in der Luft finden, und wie das Gefundene mit ihren Voraussetzungen stimmt.

Nach unseren Auseinandersetzungen stehen drei Thatsachen fest und sind es vorzüglich, welche die Schlussfolgerungen von Seegen und Nowak unzulässig erscheinen lassen; erstens hat M. Gruber in dem angegebenen mit allen Vorsichtsmaassregeln angestellten Versuche am Hunde während 17 Tagen genau so viel Stickstoff und Schwefel im Harn und Koth aufgefunden als in der Nahrung gereicht worden war; zweitens haben Seegen und Nowak nicht, wie sie geglaubt haben, die Möglichkeit einer Diffusion des Stickstoffs aus der Luft in den von ihnen verwendeten Sauerstoff hinein ausgeschlossen, und drittens haben sie keinerlei Garantie dafür geboten, dass die Temperatur der in ihrem Apparate eingeschlossenen Luft, auf deren genaueste Messung alles ankommt, zu Anfang und Ende des Versuchs mit der nöthigen Sicherheit bestimmt worden ist.[1]) Namentlich letzteres halten wir für eine der schwierigsten Aufgaben; wie sorgfältig muss man bereits verfahren, um die Temperatur der Luft in einer schmalen Eudiometerröhre in einem Gaszimmer richtig zu bestimmen, und nun denke man sich den Athemraum und die Annexe des Apparates von Seegen und Nowak, in welchem Wärme abgebende Thiere sich befinden und bei dem die circulirende Luft in einem glühenden Verbrennungsofen erhitzt wird. Obwohl diese Schwierigkeiten längst bekannt sind, haben sich die Genannten sehr leicht darüber hinweggesetzt und die an verschiedenen Stellen jedenfalls sehr ungleiche Temperatur des 50—310 Liter fassenden Athemraums mittels eines einzigen Thermometers an einer einzigen Stelle des grossen Raumes abgelesen. Wir halten es für unmöglich, der An-

1) Diese Unsicherheit in der Temperaturbestimmung scheint sich uns auch darin auszudrücken, dass der Athemraum unter den verschiedensten Umständen stets fast die gleiche Temperatur gehabt haben soll.

forderung einer genauen Temperaturbestimmung mit dem Seegen-Nowak'schen Apparate bis zum erforderlichen Grade zu genügen.

Es sind demnach nicht nur die Behauptungen vom Auftreten gasförmigen Stickstoffes, sondern auch die Einwände, welche Seegen und Nowak gegen die Gültigkeit unserer Arbeiten über den Stoffwechsel gemacht haben, vollständig grundlos.

Sitzung vom 5. März 1881.

Herr C. W. Gümbel legt vor und bespricht:

„Nachträge zu den Mittheilungen über die Wassersteine (Enhydros) von Uruguay und über einige süd- und mittelamerikanische sogen. Andesite."

I. Enhydros.

Die Mittheilungen, welche ich über die Natur und den Inhalt der mit einer Flüssigkeit erfüllten Chalcedonmandeln früher [1]) gemacht habe, waren wegen Mangels an zureichendem Materiale nach mehreren Richtungen hin lückenhaft und unvollständig. Durch die grosse Gefälligkeit des Herrn Geh. Raths v. Pettenkofer und die Güte des Herrn Dr. Günther, [2]) welche mir eine grössere Anzahl der sog. Wassersteine neuerdings zur Verfügung stellten, bin ich nunmehr in der Lage, wenigstens einige Lücken durch Nachträge ausfüllen und namentlich auch über das Gestein, in welchem die Achat- oder Chalcedonmandeln eingeschlossen vorkommen, nähere Auskunft geben zu können.

1) Siehe Sitzungsberichte d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 1880. II. math. phys. Cl.

2) Ich benütze gerne diese Gelegenheit, den genannten Herren für ihre freundliche Unterstützung hier meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Es ist bereits in den ersten Mittheilungen erwähnt worden, dass die Chalcedonmandeln nur theilweise mit einer wässrigen Flüssigkeit erfüllt sind und dass daneben eine der atmosphärischen Luft ähnliche Gasart den übrigen Raum einnimmt. Die Natur und Zusammensetzung dieser Gasart konnte aber damals nicht näher bestimmt werden. Eine mit relativ geringer Menge von wässriger Flüssigkeit und entsprechend grösserer Gasmenge erfüllte Mandel konnte unter Quecksilber angebohrt und das eingeschlossene Gas aufgefangen werden. Die eudiometrische Analyse des Gases ergab eine der atmosphärischen Luft entsprechende Zusammensetzung mit einer kleinen Beimengung von Kohlensäure. Wir werden später sehen, dass damit auch anderweitige Untersuchungsresultate übereinstimmen.

Die zehn Exemplare von Wassersteinen, welche mir zur Verfügung standen, enthielten eine sehr verschiedene Menge von Flüssigkeit eingeschlossen, soweit sich dies wenigstens nach dem äusseren Ansehen beurtheilen liess. Eine derselben schien sogar eines wässrigen Flüssigkeitseinschlusses ganz zu entbehren. Diese Verhältnisse deuten mit Entschiedenheit auf eine mit der Zeit veränderliche Menge des eingeschlossenen Wassers hin. Herr Professor Knop hatte die Freundlichkeit, kurz nach dem Erscheinen meiner ersten Mittheilung auf eine Reihe von Beobachtungen mich aufmerksam zu machen, welche er an einem solchen Wasserstein angestellt hatte. Ich mache von seiner Erlaubniss dankend Gebrauch, diese interessanten Beobachtungsergebnisse hier mitzutheilen. Die zur Untersuchung benutzte Chalcedonmandel wog bei Beginn der Beobachtung (23. Mai 1879) bei 4,5 cm Länge, 4,0 cm Breite und einer mittleren Dicke von 1 cm = 17,6600 grm. Dieselbe wurde in einen Exsiccator über Chlorcalcium aufbewahrt und von Zeit zu Zeit einer Wägung unterworfen. Hierbei ergaben sich folgende Zahlenwerthe:

Wägung	am	23. Mai	1879	=	17,6600	grm.
"	"	28. "	"	=	17,6580	"
"	"	7. Juni	"	=	17,6524	"
"	"	10. "	"	=	17,6500	"
"	"	14. "	"	=	17,6478	"
"	"	18. "	"	=	17,6464	"
"	"	21. "	"	=	17,6442	"
"	"	26. "	"	=	17,6421	"
"	"	1. Juli	"	=	17,6390	"
"	"	4. "	"	=	17,6370	"

Damit war eine Verdunstung der in der Mandel eingeschlossenen Flüssigkeit unzweideutig nachgewiesen.

Dieselbe betrug im Ganzen während 42 Tage 0,0230 grm oder auf den Tag 0,00055 grm durchschnittlich.

Die Differenz betrug

1)	vom	23.—28. Mai	=	0,0020	in 5	Tagen
2)	"	28. M. — 7. Juni	=	0,0056	in 10	"
3)	"	7. J. — 10. "	=	0,0024	" 3	"
4)	"	10. J. — 14. "	=	0,0022	" 4	"
5)	"	14. J. — 18. "	=	0,0014	" 4	"
6)	"	18. J. — 21. "	=	0,0022	" 3	"
7)	"	21. J. — 26. "	=	0,0021	" 5	"
8)	"	26. J. — 1. Juli	=	0,0031	" 5	"
9)	"	1. Jl. — 4. "	=	0,0020	" 3	"
				0,0230	in 42	Tagen.

Der Gang der Verdunstung ist nahezu ein gleichmässiger entsprechend der mittleren Verdunstungsmenge von 0,00055 grm auf den Tag. Die Abweichungen von diesem Durchschnitte, welche in der 1., 5. und 7. Messungsperiode sich bemerkbar machen, gründen sich sehr wahrscheinlich, wie ich mich durch weiter angestellte eigene Beobachtungen überzeugt zu haben glaube, auf die Verschiedenheit der Lage, in welcher die Mandel aufbewahrt

wird, und welche für die Verdunstung günstige und minder günstige Verhältnisse darbietet.

Zur Controle hat Hr. Professor Knop die Mandel hierauf in destillirtes Wasser gelegt und jedesmal vor der zeitweise vorgenommenen Wiederwägung gut abgetrocknet und 1/2 Stunde im Chlorcalciumapparate aufbewahrt. Es ergab sich eine entsprechende Gewichtszunahme und zwar

am	5. Juli	17,6374	grm.
„	10. „	17,6508	„
„	16. „	17,6605	„
„	22. „	17,6795	„
„	26. „	17,6797	„
„	11. Aug. . . .	17,7428	„
„	1. Sept. . . .	17,8080	„
„	17. „	17,8210	„

In 76 Tagen war die Gewichtszunahme = 0,1836 grm., auf den Tag durchschnittlich = 0,002416 grm., wobei die Aufnahme im Einzelnen der Zeit nach sehr ungleichförmig erfolgte. Es ist bemerkenswerth, dass durch Wassermehraufnahme das Gewicht der Mandel über das ursprüngliche sich steigerte. Eine solche Ab- und Zunahme der wässrigen Flüssigkeit wird wohl auch unter Umständen an den Orten stattfinden, wo die Mandeln ursprünglich vorkommen. Dass hierbei zugleich ein Aus- und Eintreten von Luft stattfinden muss, bedarf keines näheren Nachweises. Daraus erklärt sich auch die Zusammensetzung der in den Geoden miteingeschlossenen Gase, welche jener der atmosphärischen Luft der Umgebung gleichkommt. Auf welchen Wegen wandern nun Flüssigkeit und Luft aus und ein? Ehe ich diese Frage zu beantworten versuche, theile ich die Ergebnisse einer zweiten Versuchsreihe in Bezug auf die Verdunstungserscheinungen mit, welche ich unter dem Einfluss erhöhter Wärme (80—90° C.) anstellen liess. Die Wägung wurde immer vorgenommen, sobald die Mandel eine Tempe-

ratur von 15—17° C. angenommen hatte und die Geode während 4 Stunden im Wärmapparat gelegen hatte. Die Messung umfasste einen Zeitraum von 100 Tagen und begann am 10. Nov. 1880.

1) Wägungen	10/XI	Gesammtgewicht	= 16,2612 grm.	1) Diff.	= 0,2390
2) „	16/XI	angenomm. Gew.	= 16,0222 „	2) „	= 0,1198
3) „	19/XI	„ „	= 15,9024 „	3) „	= 0,1092
4) „	24/XI	„ „	= 15,7932 „	4) „	= 0,2422
5) „	3/XII	„ „	= 15,5510 „	5) „	= 0,0327
6) „	6/XII	„ „	= 15,5183 „	6) „	= 0,1783
7) „	20/XII	„ „	= 15,3400 „	7) „	= 0,1557
8) „	12/I 81	„ „	= 15,1843 „	8) „	= 0,1231
9) „	20/I „	„ „	= 15,0612 „	9) „	= 0,1423
10) „	18/II „	„ „	= 14,9189 „		

Die Messungen nach dem 18. Febr. 1881 ergaben keine weiteren Gewichtsdifferenzen mehr. Innerhalb 100 Tage betrug demnach die Gesammtgewichtsabnahme 16,2612 — 14,9189 = 1,3423 gr. oder durchschnittlich auf den Tag = 0,013423 gr. Dieser Gewichtsverlust war aber ein sehr ungleicher. Denn es betrug dieser in

1) der ersten Messungsperiode mit 6 Tagen = 0,2390
auf den Tag also = 0,0398
2) der zweiten Messungsperiode mit 3 Tagen = 0,1198
auf den Tag also = 0,0399
3) der dritten Messungsperiode mit 5 Tagen = 0,1092
auf den Tag also = 0,0218
4) der vierten Messungsperiode mit 9 Tagen = 0,2422
auf den Tag also = 0,0270
5) der fünften Messungsperiode mit 3 Tagen = 0,0327
auf den Tag also = 0,0109

6) der sechsten Messungsperiode mit 14 Tagen = 0,1783
auf den Tag also = 0,0127
7) der siebenten Messungsperiode mit 23 Tagen = 0,1557
auf den Tag also = 0,0067
8) der achten Messungsperiode mit 8 Tagen = 0,1231
auf den Tag also = 0,0154
9) der neunten Messungsperiode mit 29 Tagen = 0,1423
auf den Tag also = 0,0049

Der Gewichtsverlust ist demnach im Anfang sehr bedeutend und verringert sich nach und nach, ohne dass jedoch eine Regelmässigkeit in dieser Abnahme sich zu erkennen gibt. Diese Unregelmässigkeit bei sonst gleich bleibenden Verhältnissen kann nur dem Umstande zugeschrieben werden, dass einzelne der Infiltrationspunkte, welche später nachgewiesen werden, in Folge der mit jeder Wägung eintretenden geänderten Lage in Bezug auf die eingeschlossene Flüssigkeit, wenn sie auf den nicht von Flüssigkeit eingenommenen Theil der Höhlung treffen, die Verdunstung befördern, in anderem Falle dagegen verlangsamen. Die Gegenprobe wurde auch in diesem Falle durch Einlegen des seines flüssigen Inhalts beraubten Exemplars in destillirtem Wasser und durch periodeweise wiederholtes Wägen gemacht. Es erfolgte zusehends eine allerdings unregelmässige Gewichtszunahme und zwar betrug das Gewicht:

Vor der Einlage in Wasser . .						14,9120
Nach	1 tägiger	Lage	im	Wasser		14,9134
„	2	„	„	„	„	14,9250
„	3	„	„	„	„	14,9304
„	4	„	„	„	„	14,9355
„	5	„	„	„	„	14,9405
„	6	„	„	„	„	14,9405
„	7	„	„	„	„	14,9441
„	8	„	„	„	„	14,9462
„	9	„	„	„	„	14,9430

Nach	11	tägiger	Lage	im	Wasser	14,9408
„	12	„	„	„	„	14,9442
„	13	„	„	„	„	14,9424
„	19	„	„	„	„	14,9620

Durch diese Versuche, zu welchen beliebige Mandeln ohne besondere Auswahl verwendet worden waren, scheint der Beweis geführt zu sein, dass wenigstens in den meisten Enhydros die in den Mandeln eingeschlossene Flüssigkeit noch andauernd eine quantitative Aenderung erleidet und dass also unter Umständen die im Innern der Mandeln wahrnehmbare Bildung von Quarzmasse auch noch fortdauern kann, indem gelöste Kieselsäure enthaltende wässrige Flüssigkeit von Aussen eindringt. Man könnte sich vorstellen, dass die Quarzschale, welche die Wandungen der Mandeln in sehr vielen, deutlich unterscheidbaren, rindenartig übereinander liegenden Schichten bildet, eine fein poröse Beschaffenheit besitze und eine Diffusion der Flüssigkeiten von verschieden hohem Gehalt an gelösten Stoffen in und ausserhalb der Mandeln gestatte. Es liesse sich für diese Annahme die Thatsache anführen, dass die Achate sich bekanntlich durch eingesaugte Stoffe (z. B. Honigwasser) färben lassen. Ich habe in dieser Richtung einen Versuch gemacht, indem ich einen Enhydros 50 Tage lang in eine mit Anilin tief gefärbte Flüssigkeit legte und nach sorgfältigem Abwaschen eine weitere Untersuchung in der Weise vornahm, dass ich den Stein einer Temperatur von — 15° C. aussetzte, wodurch die Flüssigkeit in gefrorenen Zustand überging. Auf diese Weise gelang das Zerschlagen der Geode ohne den geringsten Verlust der eingeschlossenen, nunmehr vollständig erstarrten Flüssigkeit. Nach dem Oeffnen zeigte die eisige Masse keine deutliche Spur einer angenommenen röthlichen Färbung, während an den Wandungen der Kieselmasse sich ein schwacher Stich ins Röthliche wahrnehmen liess. Nach dem Aufthauen des Eises

bemerkte man an einer vertieften Stelle im Innern des Hohlraums eine geringe, aber deutliche Spur einer eingedrungenen rothen Farbe. In der That nahm auch die Flüssigkeit beim weiteren Einengen einen allerdings schwachen rothen Farbenton an zum Zeichen, dass wenn auch nur in minimaler Menge eine Anilin-gefärbte Flüssigkeit eingedrungen war. In Betreff der Färbung der Kieselsubstanz selbst jedoch zeigte eine nähere Untersuchung, dass stellenweise eine pulverig erdige, weiche Lage die Aussenseite der Mandeln bedeckt und auf diese das Eindringen der Anilinflüssigkeit sich beschränkte. Bei der durchscheinenden Beschaffenheit einzelner Lagen der Kieselrinde gewinnt es dadurch den Anschein, als ob diese selbst schwach gefärbt wäre.

Ist es nun durch diese Beobachtung wahrscheinlich gemacht, dass die Mandeln immer noch einzelne Stellen haben, an welchen, wenn auch nur durch äusserst feine Oeffnungen, eine Communication zwischen Aussen und Innen stattfinden kann, nämlich durch sogenannte, noch nicht völlig geschlossene Infiltrationspunkte, wie dies der ganze Aufbau und die Entstehung der Kieselschale wenigstens in früheren Stadien anzunehmen von vornherein erfordern, so wird das Vorhandensein solcher feinen Kanäle noch dadurch weiter bestätigt, dass sich bei einigen Mandeln, als ich sie der Gefriertemperatur aussetzte, an einzelnen Stellen an der Aussenfläche Eistheile zeigten, welche nur von der durch feine Oeffnungen aus dem Innern beim Gefrieren hervorgedrungenen Flüssigkeit herrühren können. Thatsächlich fand sich beim Zerschlagen der Mandeln in einer derselben ein zapfenförmiger Ansatz, mit feiner Spitze und feiner Oeffnung. Noch unzweideutiger konnte ich derartige feinste Verbindungskanälchen an einem früher mit Flüssigkeit gefüllten, später leeren Exemplar dadurch erkennen, dass beim Einlegen in destillirtes Wasser an ganz bestimmten Stellen sich eine Zeit lang ziemlich lebhaft feinste Luftbläschen aus

n Innern der Mandeln heraus entwickelten. Immer sind die tiefsten, grubenartigen Stellen zwischen den Quarz-łsten, wo derartige Oeffnungen vorhanden sind. Natür-h kann es auch Exemplare geben, bei denen alle Oeff-ngen sich bereits vollständig geschlossen haben und bei nen weder eine Abnahme, noch Zunahme der einge-lossenen Flüssigkeit stattfindet. Ich glaube daher an-hmen zu dürfen, dass, wenn bei solchen Mandeln eine nderung in der Flüssigkeitsmenge eintritt, diese nicht a durch eine poröse Beschaffenheit der Wandungen, ndern durch das Vorhandensein einzelner ganz feiner nälchen bedingt wird.

Behufs genauerer Untersuchung der Beschaffenheit der geschlossenen Flüssigkeit setzte ich die Mandeln, um die runreinigung mit feiner Bohrmasse beim Anbohren mit n Diamantbohrer und um den Verlust durch Zerspritzen bei m Zerschlagen zu vermeiden, der Gefrierkälte aus und nnte nun leicht das Zerschlagen der Mandeln vornehmen d die Flüssigkeit grossen Theils in Form von Eis ganz n gewinnen. Ich erhielt auf diese Weise beim Aufthauen e Flüssigkeitsmenge von 27,228 grm. In derselben konnte e geringe Menge von wahrscheinlich halbgebundener hlensäure nachgewiesen werden. Der durch langsames rdunsten unter dem Exsiccatur gewonnene Rückstand rug bis auf 100° C. erwärmt 0,0107, also auf einen er Flüssigkeit berechnet, nahezu 400 Milligramm, ein halt an gelösten Stoffen, wie er bei zahlreichen natür-hen Quellwässern vorkommt.

Leider war auch diese Rückstandsmenge nicht zureichend, n alle Stoffe quantitativ zu bestimmen. Zunächst wurde r andauernd bei 100° C. getrocknete Rückstand mit asser behandelt, um die in diesem leicht löslichen Salze n den un- oder schwerlöslichen zu trennen.

Von dem ursprünglichen Trockenrückstand war in Wasser wiederlöslich:

a) = ∽ 16% und
b) = ∽ 84% ungelöste.

In der Lösung a) wurden an Säuren nachgewiesen: Kohlensäure, Schwefelsäure, ausserdem Chlor und zweifelhaft Kieselsäure, an Basen vorherrschend Kalkerde, geringe Mengen von Kali [1]) und Natron [2]) nebst Spuren von Eisen und Bittererde. Der in Wasser unlösliche Rückstand b) wurde mit stark verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt, wobei unter deutlicher Entwicklung von Kohlensäure ein Theil sich auflöste und zwar

in verdünnter Säure löslich c) = 90%
unlöslich d) = 10%.

Die durch Säure gelöste Substanz erwies sich der Hauptsache nach als kohlensaure Kalkerde mit geringer Menge von Gyps, da auch Schwefelsäure in der Lösung c) nachgewiesen wurde.

Der ungelöste Rückstand d) wurde mit Kalilösung behandelt, in welcher er sich vollständig löste und durch Neutralisiren wieder flockig ausschied. Dieser Rückstand d) darf mithin der Hauptsache nach als Kieselerde angesehen werden.

Noch muss bemerkt werden, dass die Flüssigkeit beim Eintrocknen nach und nach eine schwache bräunliche Färbung, wohl von organischen Stoffen annahm. Bezieht man den Kieselsäuregehalt auf die ursprüngliche Flüssigkeit, so ergibt sich, dass diese nahe 0,0032% Kieselsäure enthält, also mehr als das 30fache von der Menge, welche nach Bischof reines Wasser aufzulösen vermag. Vielleicht be-

---

1) Nachgewiesen durch die gelben Oktaëderchen i. M. nach der Behandlung mit Platinchlorid.

2) Spektoscopisch nachgewiesen.

wirkt ein Gehalt an kohlensauren Alkalien diese vergrösserte Löslichkeit. Um so auffallender ist es jedoch, dass die Zeolithbildungen im Innern der Mandeln durchaus fehlen. Denn die innern Wände sind entweder mit wasserhellen Quarzkrystallen oder mit einer krystallinischen weissen Quarzmasse überkleidet. Selbst Kalkspathbildungen fehlen hier. Doch sind solche zuweilen gleichsam mit in die Rinde eingeschlossen.

Die einzige fremdartige Erscheinung, welche man an den inneren Wandungen einiger Geoden wahrnimmt, besteht in dem Vorkommen kleiner schwarzer Pünktchen und schwärzlich grüner kleiner Häufchen, die man zuweilen auch in der Quarzmasse der Wandungen eingeschlossen sieht. Diese Pünktchen bestehen, wenn man sie unter dem Mikroscop untersucht, aus Schüppchen und Nädelchen in radial-faseriger Zusammenhäufung. Die grüne Substanz ist schwach dichroitisch und lässt sich ziemlich leicht durch Salzsäure zersetzen und v. d. L. zu einem magnetischen Kügelchen schmelzen. In der Lösung ist reichlich Eisenoxydul nachweisbar. Die Substanz gehört zweifelsohne zu der Gruppe der chloritischen, und zwar durch Säure zersetzbaren Mineralien, wie sie als Beimengungen im Diabas vorkommen. Eine sehr bemerkenswerthe Erscheinung bot sich bei einer der grösseren, mit einer relativ grossen Menge Flüssigkeit erfüllten Mandel. Beim Vergehen der zu Eis erstarrten Flüssigkeit machten sich nämlich kleine weisse, schwarzpunktirte Flecken bemerkbar, welche in der Flüssigkeit schwammen. Sie glichen den Mycelien von Schimmelpilzen, für welche ich sie auch ansah. Unter dem Mikroscop aber erwiesen sie sich als ein Haufwerk allerfeinster Nädelchen, welche hier und da verwachsen und mit kleinen Knöllchen eines schwarzen dem oben beschriebenen chloritischen Substanz ähnlichen Minerals, bedeckt beim Austrocknen einen seidenglänzenden Ueberzug bildeten. Die einzelnen äusserst

dünnen Nädelchen waren deutlich krystallisirt, sechsseitige Säulchen bildend, deren Ende grade abgestumpft, häufiger aber sich allmählig verjüngend, gleichsam in eine Spitze ausgezogen sich darstellten. Ihre Länge beträgt durchschnittlich 0,03 Millimeter, die Dicke nur 0,005 Millim. Die schwarzen Knöllchen konnten leicht durch Salzsäure entfernt werden, wobei die Lösung sich intensiv gelb färbte und die Reaktion auf Eisenoxydul gab. Dies beweist die Gleichheit mit dem oben erwähnten chloritischen Minerale.

In diesem Gewebe von Nädelchen zeigte sich stellenweis der weitere Fortgang zu einem Verdichtungsprocess, in dem sich zwischen den einzelnen Nädelchen, wo sie sich kreuzten oder berührten ein dünnes Häutchen, oft noch mit Lücken sich auszuspannen beginnt. Bei einem fortgeschritteneren Stadium füllt sich der Zwischenraum ganz mit Mineralsubstanz aus, in der man die eingeschlossenen Nädelchen nun nicht mehr unterscheiden kann. Wir haben da das Entstehen und Wachsen der Mineralmassen unmittelbar vor Augen und zwar der Quarzsubstanz, wie sie sich aus der wässrigen Flüssigkeit ausscheidet und zur Bildung der Wandungen Verwendung findet. Denn diese Nädelchen sind v. d. L. nicht schmelzbar, von Salzsäure nicht zersetzbar, wohl aber werden sie von Fluorwasserstoffsäure, ohne beim Verdampfen einen Rückstand zu lassen, zerstört.

Auch an der Aussenseite einiger der Mandeln lassen sich noch einige Eigenthümlichkeiten wahrnehmen. Manche Geoden sind nämlich aussen nicht glatt und glänzend, sondern matt, wie mit einem grünlich-weissen Staub bedeckt und stellenweis mit unregelmässig-knolligen, erdigen Ueberrindungen besetzt, welche z. Th. aus eisenhaltigem Kalkspath, z. Th. aus körniger und fasriger Quarzmasse bestehen. Noch merkwürdiger aber zeigt sich diese Umhüllung an einigen noch im Gestein eingebetteten Mandeln. Es füllt nämlich den Zwischenraum zwischen der äussern

festen Quarzrinde der Mandeln und dem umhüllenden Gestein eine weisse, schneeartig lockere d. h. zusammendrückbare, flockigfasrige Mineralsubstanz mehr oder weniger vollständig aus. Sie lässt sich wohl auf den 10 fach kleineren Raum zusammenpressen. Unter dem Mikroscop erweist sich diese Substanz als zusammengesetzt aus unzähligen kleinen Fäserchen und krystallinischen Nädelchen, ähnlich den erwähnten, die in der Flüssigkeit schwimmenden Flocken bildenden Kryställchen. Doch sind erstere etwas grösser und meist in fasrigen Bündeln vereinigt und durch dazwischen eingebettete Mineraltheilchen verbunden. Der Hauptsache nach besteht auch diese Masse aus Kieselsäure. Aber es sind andere Mineralsubstanzen bald da bald dort in ungleicher Vertheilung beigemengt, so dass stellenweise die sonst lockere Masse in eine feste Kruste übergeht. Zunächst sind es wieder kleine Knöllchen des chloritischen in Säuren zersetzbaren Minerals und Ablagerungen von kohlensaurem Kalk, die sich bemerkbar machen. Nicht selten hinterlässt der auf solche Mandeln aufsitzende, scheinbar gleichartige Kalkspath beim Auflösen in Säuren eine seiner ursprünglichen Form entsprechende, weisse, zusammendrückbare Masse, welche gleichfalls aus solchen kleinsten Nädelchen zusammengesetzt sich erweist. Dazu kommt noch weiter eine u. d. M. häutig-flockig aussehende Zwischenmasse und kleine helle Körnchen. Nach der Menge dieser Beimengungen ist daher die Zusammensetzung eine sehr verschiedene. Eine Bauschanalyse ergab:

Kieselsäure	=	77,41 (aus der Differenz bestimmt)
Thonerde	=	11,07
Eisenoxyd (mit Oxydul)	=	1,81
Kalkerde	=	3,29
Bittererde u. Alkalien	=	Spuren
Wasser (als Glühverlust)	=	6,42
		100,00

Bei dem Versuche[1]) die einzelnen Gemengtheile zu scheiden, fand sich dass etwa 6% Kieselsäure in Kalilauge löslich ist, also wahrscheinlich in amorphem Zustande an dem Gemenge sich betheiligt und 18% der Substanz durch Salzsäure zersetzt werden. Die salzsaure Partiallösung enthält viel Eisenoxydul. Der Rest besteht ungefähr aus:

Kieselsäure . . .	=	79°
Thonerde . . .	=	5
Kalkerde	=	3
Glühverlust . . .	=	10
Sonstiges	=	3
		100.

In einer anderen Probe wurde nach der Behandlung mit Kalilauge und Chlorwasserstoffsäure, der Rest mit conc. Schwefelsäure in der Wärme behandelt und a) 44,6% zersetzt und b) 55,4% unzersetzt.

Diese Theile bestehen und zwar

a) durch Schwefelsäure zersetzt		b) durch Schwfls. unzersetzt	
Kieselsäure	68,64	. . . .	90,31
Thonerde	2,76	. . . .	3,29
Kalkerde	1,47	. . . .	1,56
Alkalien etc. . . .	4,03	. . . . . Rest	4,84
Glühverlust	23,10	. . . .	——
	100,00		100,00

Es wird dadurch wahrscheinlich gemacht, dass ein Stilbit-ähnlicher Zeolith neben den Quarznädelchen sich an der Zusammensetzung dieser lockern Umhüllungsmasse betheiligt.

---

1) Diese von Hrn. Assistent Ad. Schwager vorgenommenen chemischen Analysen konnten wegen des nur geringen, zur Verfügung stehenden Materials nicht vollständig durchgeführt werden.

II. Das Enhydrosgestein.

Die neue Sendung von Enhydros ist besonders dadurch lehrreich, dass sie einzelne Exemplare mit dem sie einschliessenden Gestein enthält und dass es dadurch möglich wurde, auch über die Gebirgsart nähere Untersuchungen anzustellen, in welcher die Enhydros ursprünglich sich finden.

Es ist dies, wie sich vermuthen liess, ein basaltähnliches Eruptivgestein von bräunlich-schwarzer Farbe, bräunlich gefleckt und mässig feinkörnigem Gefüge, ähnlich dem sog. Anamesit von Steinheim.

Nach den Dünnschliffen besteht das Gestein aus einer amorphen, etwa kastanienbraunen Grundmasse oder Mesostasis, der sich in viel geringerer Menge fleckweise eine grünlich-braune Ausscheidung beigesellt. In dieser Hauptmasse liegen nun sehr zahlreiche, meist nadelförmige Plagioklaskryställchen, dann Magneteisentheilchen und nur in kleinen, fast körnigen Häufchen vereinigt, weingrüne Augite. Nach den aus im Querschnitte sich ergebenden Flächen beurtheilt besteht das Gestein aus

brauner Hauptmasse	=	57
Plagiokloskryställchen	=	22
Augittheilchen	=	16
Magneteisen	=	3
gelbbraunen Putzen	=	2
		100.

Die gelblich-braune, nicht doppelt lichtbrechende Hauptmasse erscheint meist in geringem Grade durchsichtig, weil sie mit einer grossen Menge kleiner, rundlicher undurchsichtiger Globuliten und kleinster Staubtheilchen erfüllt ist, Kleine kurze Baculiten sind verhältnissmässig spärlich eingestreut. Nur vereinzelte Theile sind frei von Globuliten.

mehr oder weniger hell und von glasartiger Beschaffenheit. Fluidalstreifchen habe ich nicht beobachtet.

Diese glasige Hauptmasse wird, wenn man die Dünnschliffblättchen längere Zeit mit kochender Salzsäure behandelt, etwas lichter in der Färbung, ohne jedoch zersetzt zu werden. Die Globuliten und Magneteisenstaub scheinen jedoch hierbei angegriffen zu werden. An diesem Aussehen wird nichts geändert, wenn man die Blättchen noch überdies mit Aetzkalilösung behandelt.

Die meist sehr kleinen, aber durchweg wasserhellen Plagiokläskryställchen sind, wie es scheint, nur von einer Art, alle parallel streifig und i. p. L. bunt gebändert. Häufig liegen in denselben Globulite und Staubkörnchen, wie sie in der Hauptmasse vorkommen, zuweilen auch in diese selbst eingehüllt in unregelmässigen Häufchen, welche aber unzweideutig nach der Längenrichtung der Nädelchen gereiht erscheinen. Einschlüsse von Bläschen sind selten. Bei dem gleichen Aussehen des Feldspaths ist es zweifelhaft, ob zweierlei Arten an der Zusammensetzung des Gesteins sich betheiligen, wie ein nicht unbeträchtlicher Gehalt an Kali neben Natron vermuthen lassen könnte. Auch macht sich bei dem Behandeln der Dünnschliffe mit kochender Salzsäure und Kalilösung bemerkbar, dass die Oberfläche mancher Nädelchen stark corrodirt ist.

Die im Ganzen spärlich beigemengten Augite sind hell weingrün gefärbt und in kleinen rundlichen Körnchen gruppenweis zusammengehäuft. Sie zeigen keine dichroitische Erscheinungen, i. p. L. dagegen lebhaft bunte Farben. Es ist bemerkenswerth, dass grössere Krystallausscheidungen von Augit fehlen. Die Anwesenheit von Hornblende konnte nicht constatirt werden.

Die Magneteisentheilchen nehmen theils in grösseren Körnchen, theils aber auch in sehr feiner pulverförmiger Vertheilung Antheil an der Zusammensetzung des Gesteins.

Leistenförmige auf Titaneisen hinweisende Einschlüsse kommen nicht vor.

Eine sehr interessante Einmengung bilden die grünlichgrauen Putzen und Flecke, welche meist im Innern zerklüftet und zerrissen sind, wie es häufig bei in Serpentin verwandelten Olivinkörnchen vorkommt. Diese oft klaffenden Risse sind das sichere Zeichen der erlittenen Zersetzung. Die übrig gebliebene Masse sieht wie geronnen wolkig aus, und ist am Rande oft von einer aus dunklen Globuliten bestehenden Zone umsäumt. Die Substanz dieser Flecken wird durch Salzsäure nicht zersetzt.

Die Analyse des Gesteins im Ganzen, welche, wie die übrigen, Hr. Ad. Schwager vornahm, ergab bei zwei verschiedenen Gesteinsproben I und II—IV und zwar in II—IV nach verschiedenen Methoden ausgeführt folgende Zahlenwerthe:

Bestandtheile	I	II	III	IV
Kieselsäure	54,96	54,49	54,26	54,20
Thonerde	14,40	14,38	14,04	14,60
Eisenoxyd	9,67	8,04	8,00	8,76
Eisenoxydul	6,13	7,20	7,20	7,32
Kalkerde	5,84	6,12	6,08	6,02
Bittererde	2,59	2,98	2,88	2,96
Kali	1,70	1,54	1,56	1,56
Natron	2,65	2,61	2,72	2,72
Kohlensäure	1,76	} 2,64	3,08	0,84
Wasser	0,96			1,88
	100,66	100,00	99,82	100,86

Diese Ziffern stimmen, soweit ich dieselben vergleichen konnte, mit keiner der bisher bekannten Gesteinsanalysen vollständig überein. Im Ganzen betrachtet möchte sich die

grösste Annäherung an die Gesteine der Insel Santorin, des Vulkan's de Fuego in Guatemala, von Kilauea auf Hawaii und an die Laven auf Java ergeben. Gegenüber den in neuester Zeit so überaus sorgfältig untersuchten Santorin-Laven macht sich bei nahezu übereinstimmendem Kieselsäure-Gehalt ein auffallend geringer Thonerdegehalt bei dem Enhydrosgestein bemerkbar. Der Gehalt an Kohlensäure und Wasser lehrt, dass wir es mit einem nicht mehr vollständig intakten Gestein zu thun haben. Aber auch wenn wir diese Stoffe — die Kohlensäure mit der entsprechenden Menge von eisenhaltiger Kalkerde ungefähr 1% — abrechnen, behalten wir immer noch ein nicht sehr Kieselsäure-reiches Gestein. Die Zusammensetzung ist nämlich alsdann:

Kieselsäure	=	57,43
Thonerde	=	15,05
Eisenoxyd	=	10,94
Eisenoxydul	=	6,41
Kalkerde	=	3,75
Magnesia	=	2,71
Kali	=	1,77
Natron	=	2,77
		100,83

Wir müssen uns aber erinnern, dass in dem Gestein eine grosse Menge Kieselsäure zur Herstellung der Chalcedonmandeln verbraucht ist, welche doch kaum anderswie, als von zersetzter Gesteinssubstanz abstammend angenommen werden darf. Dies beweist die grosse Menge in Kalilauge löslicher Kieselsäure, welche in einer Probe = 8,64 und einer zweiten sogar 11,84% des Gesteins betrug. Man gewahrt auch neben den grossen Chalcedonmandeln noch kleinere Kieselsäureausscheidungen oder Ablagerungen im Gestein. Da weder die braune Hauptmasse, noch die Feld-

spathkryställchen und Augite irgend eine erlittene Zersetzung erkennen lassen, so werden wir wohl an jene grünlich-graue, zerrissene, putzenartige Beimengung gewiesen, aus deren Zersetzung wahrscheinlich die Kieselsäure der Mandeln abstammen dürfte.

Durch kochende Salzsäure wird ein nicht unbeträchtlicher Theil des feinen Gesteinpulvers zersetzt. Ich fand, abgesehen von der in Kalilauge schon vor der Einwirkung der Säure löslichen Kieselsäure, 20,34% zersetzt und diesen zersetzten Theil bestehend aus

Kieselsäure	4,51
Thonerde	1,00
Eisenoxyd (mit Oxydul)	10,00
Kalkerde	1,55
Bittererde	0,55
Alkalien	Spuren
Kohlensäure	0,91
Glühverlust	1,82
	20,34

Der Hauptsache nach besteht dieser Antheil aus Carbonaten, aus einem Kalkbittererdesilicat, aus Magneteisen und einem thonartigen Gemengtheile. Das Fehlen von Olivin wird auch hierdurch bestätigt.

Sehen wir uns nach einem vergleichbaren südamerikanischen Gestein näher um, so scheinen die zuletzt berechneten Zahlen auf das von Rammelsberg[1]) analysirte Chimborazo-Gestein von 17916 F. Höhe, welches als Augit-Andesit bezeichnet wird, hinzuweisen.

Es liegt mir eine Reihe süd- und mittelamerikanische Eruptivgesteine vor, welche unser Akademie-Mitglied Moritz

1) Alex. v. Humbold Kosmos IV. S. 627.

Wagner[1]) gesammelt und in der hiesigen geognostischen Staatssammlung niedergelegt hat. Ich mache von seiner gütigen Erlaubniss Gebrauch, bei dieser Gelegenheit einige Bemerkungen über mehrere dieser interessanten Gesteine hier beizufügen.

Chimborazogestein.

Das mir vorliegende Gestein stammt nach M. Wagner's genauer Angabe von der Südost-Seite des Chimborazo aus einer Höhe von 13600 Fuss, also von einer anderen Stelle, als das oben erwähnte, von Rammelsberg analysirte. Es ist ein weissgraues, vollständig Trachyt-artiges Gestein mit den typisch rauhen Bruchflächen, welches zum Verwechseln dem Trachyt oder sog. Hornblendeandesit vom Stenzelberg im Siebengebirge ähnlich aussieht, nur keine so grosse Hornblendekrystalle enthält und weniger blasig, daher etwas dichter ist. Aus der rauhen weisslichen Grundmasse blitzen eine grosse Menge lebhaft spiegelnder Spaltungsflächen eines wasserhellen, deutlich parallelgestreiften Plagioklases und die dunklen Nadeln von Hornblende uns entgegen. Eine wenn auch nur entfernte Aehnlichkeit mit dem Enhydros-führenden Gestein von Catalan in Uruguay besteht demnach nicht. Letzteres hat ein ebenso entschieden basaltisches, wie ersteres ein trachytisches Aussehen.

Betrachten wir nun das Chimborazogestein etwas näher, so finden wir in Dünnschliffen, dass dessen Hauptmasse, welche in reichlicher Menge vorhanden ist, aus einer staubig-trüben, weisslichen, amorphen Substanz besteht und undeutliche, weissliche Globulite neben ungemein zahlreichen, etwas unregelmässigen Mikrolithnädelchen enthält. In dieser glasigen Mesostasis liegen nun kleine und grosse Plagioklas-

1) Vergleiche: Dr. M. Wagner, Naturwissenschaftliche Reisen im tropischen Amerika 1870.

nadeln mit deutlichen Zwillingsstreifchen und i. p. L. farbigen Bändern. An den Rändern gehen die grösseren Krystalle oft ohne feste Grenze gleichsam in die Hauptmasse über; sonst sind sie im Innern ziemlich rein und schliessen nur spärlich Nädelchen, bräunliche Glastheilchen, Bläschen — zuweilen mit Libellen —, hier und da Hornblende und Magneteisenkörnchen ein.

Die ziemlich häufig in länglichen Nädelchen beigemengte streifige, dunkelgrüne, stark dichroitische Hornblende ist ein hervorragender Bestandtheil dieser Trachyte. I. p. L. wechselt die Farbe nur von Hell in Dunkel ohne grelle Farben zum sehr merklichen Unterschiede gegen den gleichfalls, aber immer nur in kleinen, unregelmässig umgrenzten Körnchen spärlicher beigemengten hellgrünen Augit, der i. p. L. lebhaft bunte Farben zeigt. In sehr vielen Fällen — doch nicht immer — kann dieses Verhalten zur Unterscheidung beider Mineralien in ein und demselben Gestein dienen. An isolirten Hornblendenadeln wurde der charakteristische Spaltungswinkel mit dem Goniometer bestimmt, so dass über die Zugehörigkeit dieses Mineral zur Hornblende kein Zweifel bestehen kann. Magneteisen ist nicht häufig und meist in grösseren Körnchen vorhanden.

Nach dem Behandeln der Dünnschliffe mit kochender Salzsäure und Kalilauge erweisen sich die meisten Magneteisentheilchen aufgelöst; einzelne kleinere sind wohl dicht eingeschlossen und widerstehen auf diese Art der Säureeinwirkung. Die übrigen Bestandtheile bleiben ziemlich unberührt, nur einzelne Theile der Hauptmasse scheinen sich zu zersetzen, da einige wenige Lücken sich bemerkbar machen.

Das Gestein wurde im Ganzen und in seinen einzelnen Bestandtheilen einer chemischen Analyse mit folgenden Resultaten unterworfen. Das zunächst mit schwacher Säure

eine kurze Zeit lang behandelte Gesteinpulver — behufs Entfernung etwaiger sekundär entstandener Carbonate und nach einem vorausgegangenen Behandeln mit Kalilauge, durch welche 6,52 Kieselsäure dem Gestein entzogen worden sind, — wurde mit kochender Salzsäure behandelt (I) und auch im Ganzen (II) analysirt:

	I	II	III
Kieselsäure	75,14	58,00	59,22
Thonerde	4,64	18,00	13,59
Eisenoxyd	10,93	3,72	5,55
Eisenoxydul		2,73	4,03
Kalkerde	4,35	6,96	5,13
Bittererde	1,71	3,56	1,66
Kali	Spur	2,12	4,64
Natron	1,78	4,36	5,31
Glühverlust	1,14	0,32	1,25
	99,69	99,77	100,38

Zum Vergleiche ist die Bauschanalyse des Hornblende-Andesits von Stenzelberg (III) nach Rammelsberg beigefügt. Es ergibt sich hieraus eine nur in Bezug auf Kieselsäuregehalt annähernde Uebereinstimmung. Um die einzelnen Bestandtheile zu isoliren, wurde die Trennungsmethode von Th. Thoulet mittelst Kaliumquecksilberjodidlösung in Anwendung gebracht. Nach Beseitigung von Magneteisen und Hornblende konnte eine feldspathige Substanz (I) vom spec Gewicht = 2,6 und eine (II) über 2,6 geschieden werden; ausserdem wurde aus dem verkleinerten Material unter der Lupe ein vollständig wasserheller, spiegelnder Plagioklas (III) ausgelesen. Ihre Analyse ergab:

	I	II	III	IV	V	VI[1]
Kieselsäure . .	68,32	59,21	56,26	59,39	56,72	55,64
Thonerde . .	15,98	22,57	27,26	26,08	26,52	28,19
Eisenoxyd . .	2,99		0,68	—	.0,70	1,02
Eisenoxydul . .	—	—	—	—	—	—
Kalkerde . . .	3,62	7,15	8,97	8,20	9,38	9,79
Bittererde . .	2,31	2,80	0,21	—	—	0,19
Kali	4,27	3,82	1,79	0,22	0,80	0,63
Natron . . .	4,78	5,64	5,80	6,74	6,19	5,48
Glühverlust . .	0,48	0,38	0,43	—		—
Summa	102,75	101,57	101,40	100,63	100,31	100,94

Die Substanz (I) scheint ein Gemenge von Grundmasse mit eingeschlossenen Feldspathnädelchen zu repräsentiren und keine reine Feldspathsubstanz darzustellen. Immerhin ist hier der grosse Gehalt an Kali bemerkbar, der im Zusammenhange mit dem hohen Kieselsäuregehalt auf eine Beimengung von Sanidin hinzuweisen scheint.

Auch die Substanz (II) ist nicht reiner Feldspath, wie der grosse Gehalt an Bittererde andeutet.' Doch nähert sich deren Zusammensetzung derjenigen des von vom Rath[2]) analysirten Andesin's von Pululagua (IV.)

Die Analyse des anscheinend ziemlich reinen, sorgfältig ausgelesenen, wasserhellen Plagioklases (Anal. III) stimmt in ihren Zahlen weniger mit der vom Rath'schen Analyse des Pululagua-Andesins (Analyse IV), oder des Andesins von Langcanchi in Quito (Anal. VI), als mit jener des Feldspaths aus dem Andesit von Popayan in Südamerika nach Francis[3]) (Analyse V), dessen Sauerstoffverhältnisse

1) Poggendorf's Annal. Suppl· VI. S. 308.

2) Sitzung der niederrhein. Gesellsch. in Bonn v. 15. Dez, 1873 Seite 3.

3) Poggend. Annal. LII, S, 471.

ungefähr 1 : 3 : 7 allerdings nicht genau mit jenen des Andesins gleich sind und sich mehr nach der Richtung zum Labrador als nach jener zum Oligoklas neigen.

Was die Hornblende anbelangt, so zeigt schon der vorbereitende Versuch dadurch, dass die möglichst reinen Proben mit Säure sich theilweise ausbleichen, eine beginnende Zersetzung dieses Minerals an. Die Analyse weist nach:

Kieselsäure	=	47,74
Thonerde	=	9,35
Eisenoxyd	=	3,53
Eisenoxydul	=	8,62
Kalkerde	=	9,45
Bittererde	=	19,97
Alkalien und Glühverlust	=	1,34
		100,00

Die Hornblende gehört demnach zu den Thonerdehaltigen, ziemlich Kieselsäure-reichen Varietäten von einer Zusammensetzung, wie sie auch bei dem Thonerde-Augit vorkommt.

Derartige hellfarbige, rauhe, unzweideutig Hornblendereiche Gesteine liegen von mehreren Fundstellen des Chimborazo-Gebietes vor, wodurch es sich als nicht zweifelhaft erweist, dass solche sog. Hornblende-Andesite eine weite Verbreitung in diesem Gebiete besitzen. Es sei nur noch eine Fundstelle, Sierra encillada, ein halbkreisförmiger Felsenwall am SW. Fusse des Chimborazo hervorgehoben, in deren Gestein neben zersetzter Hornblende sich Schwefelkies angesiedelt hat.

Dagegen fehlt es auch nicht an Gesteinsproben desselben Gebirgsstocks, welche äusserlich der ebengenannten Felsart zum Verwechseln ähnlich aussehen, jedoch bei näherer Untersuchung keine Hornblendenädelchen ent-

halten. Ein solches hellfarbiges, rauhes, trachytisches Gestein liegt in der M. Wagner'schen Sammlung, welches nahe der Schneegrenze auf der NW. Seite des Chimborazo geschlagen wurde. Aus den Dünnschliffen ersieht man, dass die wasserhelle, glasige Grundmasse stark entwickelt und erfüllt ist von kleinen Plagioklasnädelchen, Magneteisenkörnchen und kleinsten Staubtheilchen. Kleine Augitbeimengungen scheinen zu fehlen, wenn sie nicht durch einzelne, dunkelbraune Mikrolithe ersetzt werden. In dieser Hauptmasse sind nun zahlreiche wasserhelle rissige Plagioklaskrystalle und grössere, weingelbe, ziemlich stark dichroitische Körner, wohl auch einzelne Theile mit Krystallumrissen von Augit eingebettet. Die Natur des Augits ist sicher nachgewiesen. Wir haben mithin hier den vielgenannten Augitandesit des Chimborazo vor uns und es ist gar nicht zweifelhaft, dass die beiden unterschiedenen Andesite, die sog. Hornblende und Augit-Andesite zusammen an dem Aufbau des Chimborazogebirgs betheiligt sind.

Zum Vergleiche wurde auch dieser typische sog. Augitandesit des Chimborazo einer Analyse unterworfen. Es ergab sich die Zusammensetzung:

	I	II[1])
Kieselerde	57,10	59,12
Thonerde	17,25	13,48
Eisenoxyd (mit Oxydul) .	10,75	7,27
Kalkerde	5,00	6,50
Bittererde . . . . . ,	2,50	5,41
Kali	2,10	2,64
Natron	5,12	3,46
Glühverlust	0,25	— —
	100,07	97,88

1) Al. v. Humboldt Kosmos IV. S. 627.

Daraus ist die nahe Uebereinstimmung mit dem früher beschriebenen Hornblendeandesit (s. vorn Analyse II) ersichtlich, nur erscheint bei diesem Augitandesit mehr Magneteisen beigemengt. Weniger genau stimmen die Zahlen der Rammelsberger'schen Analyse (II) eines Chimborazo-Augitandesits, welcher bei 17918 Fuss Höhe von Al. v. Humboldt gesammelt wurde. Es ist bemerkenswerth, dass Rammelsberg wegen des hohen Kieselsäuregehalts in diesem Gestein neben Oligoklas und Augit auch noch das Vorhandensein von 4,08% freier Kieselsäure annehmen zu müssen glaubt. Wenn andererseits von einem Chimborazo-Gestein aus 15180 F. Höhe ein Kieselsäuregehalt von 65,09% angegeben wird [1]), so darf dieser grosse Ueberschuss an Kieselsäure mit um so grösserem Rechte einer Beimengung von ausgeschiedenem Quarz zugeschrieben werden. Demnach kommt in demselben Gebirgsstock auch noch Quarz-führendes Andesit-Gestein vor.

Der Plagioklas, welcher in dem eben beschriebenen Augitandesite ausgeschieden ist, unterscheidet sich äusserlich durch Nichts von jenem des Hornblendeandesits. Leider konnte eine entsprechende Menge reiner Plagioklossubstanz zu einer genauen Analyse nicht gewonnen werden. Beiläufig ergab sich die Zusammensetzung aus

Kieselsäure	=	61,00
Thonerde	=	22,00
Eisenoxyd	=	2,00
Kalkerde	=	8,50
Kali	=	0,36
Natron	=	6,92
		100,78

also annähernd jene eines Andesins.

1) Vergl. Zirkel Lehrb. d. Petrographie II. S. 221.

Lava vom Chimborazo.[1])

M. Wagner brachte noch eine weitere höchst interessante Gesteinsart vom Chimborazo mit, welche mit dem von Rammelsberg analysirten, als graubraun beschriebenen Gestein sehr nahe übereinstimmt. Wagner bezeichnet das Gestein als Lava von der Westseite des Chimborazo bei der Hacienda von Chuquipoyo oberhalb der Hochebene von Riobamba und giebt an, dass dieselbe nahe dem Tambo von Chuquipoyo einen zusammenhängenden Strom von geringer Ausdehnung, welcher die älteren trachytischen Tuffe durchsetzt, bildet. Dieses Gestein ist in der That schlackig, porös und blasig, wie eine typische Lava, von schwärzlichgrauer und fleckweise röthlich-brauner Farbe und oberflächlich ganz rostfarbig. Die Dünnschliffe lehren, dass diese schlackige Lava aus einer Zusammenmengung von graulichen und bräunlichen Partien besteht. Die grauen Partien sind von trachytischem Charakter; sie bestehen aus unendlich zahlreichen fasrigen wasserhellen Nädelchen, welche wie in einem Filzgewebe dicht durcheinander liegen und kaum eine Zwischenmasse sichtbar werden lassen. Durch zahlreiche, in kleinsten Körnchen beigemengte Magneteisentheilchen und nicht weiter bestimmbare Staubkörnchen erhält das Ganze eine grauliche Farbe.

Die reichlich eingebetteten zwillingsstreifigen Nädelchen und grösseren Krystalle von Plagioklas umschliessen meist sehr viele, durch schwarze Staubtheilchen dunkle Glassubstanz, kleine Bläschen und Nädelchen, die theils in randlichen Zonen gruppirt, theils der Zwillingsstreifung folgend aneinander gereiht sind. Oft sind diese Einschlüsse so zahlreich, dass man die Umrisse der Plagioklaskrystalle schwer erkennen kann. In solchen Fällen erscheint die Plagioklassubstanz gleichsam

1) Vergl. M. Wagner a. a. O. S. 460.

als Grundmasse und giebt i. p. L. betrachtet daher bunte Farben. Dadurch kann wohl eine Verwechselung mit doppeltbrechender Grundmasse stattfinden. Der gleichfalls in zahlreichen grösseren Krystallen beigemengte, stark dichroitische Augit enthält ebenso Einlagerungen von Nädelchen, Magneteisenkörnchen, Glassubstanz und Bläschen.

Die durch eine rothbraune Färbung ins Auge fallenden, wolkenartig mit der weissgrauen Hauptmasse vereinigten Partien erhalten die auffallende Färbung durch zahlreiche meist sehr kleine rothbraune Nädelchen und Blättchen, welche i. p. L. auch bei gekreuztem Nicol hell bleiben, ohne besondere Farben anzunehmen. Sie liegen in einer hellen, sonst der übrigen Grundmasse gleichen Substanz. Es hat ganz das Ansehen, als ob diese braunen Nädelchen nichts anderes, als gefärbte Plagioklaskryställchen darstellen. Ich habe gefunden, dass zuweilen Plagioklase durch heftiges Glühen eine bräunliche Färbung annehmen. Macht doch diese fleckige Lava ganz den Eindruck, als sei zweierlei geschmolzene Gesteinssubstanz zusammengeflossen und vermengt worden und es ist denkbar, dass die braun gefärbten Partien von ungeschmolzener Gesteinsmasse herrühren. Durch Behandeln mit kochender Salzsäure wird das Aussehen der Dünnschliffe kaum geändert. Auch die rothbraunen Nädelchen bleiben unzersetzt. Nur Magneteisen geht in Lösung. Im Uebrigen besitzt auch diese Lava keine Aehnlichkeit mit unserm Enhydros-Gestein.

Aus der Bauschanalyse dieser unzweideutigen, trachytischen Lava vom Chimborazo ergiebt sich die Zusammensetzung:

Kieselsäure . .	60,32	Bittererde . . .	3,52
Thonerde . . .	16,92	Kali	2,42
Eisenoxyd . .	5,88	Natron . . .	3,83
Eisenoxydul . .	1,40	Glühverlust . .	0,44
Kalkerde . . .	5,64		100,37

Der beträchtliche Gehalt an Kieselsäure reiht dieses Gestein viel inniger an die bisher beschriebene trachytische Gruppe, als an die mehr basische basaltische und spricht zu Gunsten der Annahme, dass hier eine trachytisch-andesitische Lava vorliegt, welche zum sog. Augitandesit zu rechnen ist. Denn dieselbe besitzt ja auch ohnehin nahezu die gleiche Zusammensetzung, wie sie bei dem sog. Augitandesit nach der Rammelsberger'schen Analyse (s. vorn II) sich zu erkennen giebt.

Ein röthlich-graues, fast porphyrähnlich dichtes, wenig rauhes Gestein von dem erloschenen Vulkan Capac-Urcu auf dem Plateau von Riobamba dem Chimborazo gegenüberstehend erweist sich in den Dünnschliffen von ganz ähnlicher Zusammensetzung, wie die typischen Chimborazogesteine mit nicht zahlreichen sehr hellfarbigen Augitbeimengungen. Einzelne nadelförmige, ganz trübe und undurchsichtige Einschlüsse scheinen zersetzter Hornblende anzugehören.

Dem Chimborazo-Gestein ausserordentlich ähnliche Felsarten enthält die M. Wagner'sche Sammlung noch von zahlreichen anderen Fundorten. Darunter sind anzuführen:

Pichincha-Gestein.

Ein dem vorn beschriebenen Chimborazo-Gestein täuschend ähnlicher sog. Hornblende-Andesit[1]) stammt nach der Angabe M. Wagner's vom Gipfel des Vulkan Pichincha von einem am südöstlichen Kraterrande anstehenden Felsen.

Die hellgraulich-weisse, amorphe Grundmasse ist durch dicht gehäufte Einschlüsse kleinster, dunkler Körnchen und spärlicher Nädelchen trüb bis durchscheinend. Magneteisen-

1) Artopè beschreibt in seiner Dissertation über augithaltige Trachyte der Anden auch einen Augittrachyt von diesem Berge.

körnchen sind hier selten zu sehen. In dieser Mesostasis liegen zahlreiche grössere, deutlich zwillingsgestreifte, wasserhelle Plagioklase. Sie lassen die Eigenthümlichkeit wahrnehmen, dass sie von zahlreichen, mit den Krystallumrissen parallel laufenden Streifchen durchzogen sind. Daher kommt es, dass i. p. L. manche dieser Parallelstreifchen von farbigen Zonen durchkreuzt werden. Die Plagioklase sind ziemlich rein und enthalten im Ganzen nur spärlich Glasgallen, Hornblendetheilchen und Bläschen mit Libellen. Einzelne sind jedoch ganz von kleinen Krystallnädelchen durchzogen und verschwimmen an der Grenze gleichsam mit der Grundmasse. Hornblende findet sich neben einzelnen Augitkörnchen, oft letztere in sich schliessend, meist in länglichen bräunlichen Nadeln, welche häufig wie zerfressen aussehen. Die breitfasrige Hornblende ist stark dichroitisch, zeigt sehr deutlich die charakteristischen Spaltungswinkel und i. p. L. keine bunte Farben; wogegen die oft zu Häufchen zusammengruppirten Augittheilchen i. p. L. bunte Aggregatfarben erkennen lassen.

Magneteisen ist spärlich in meist grösseren Körnchen beigemengt. Auch Quarzausscheidungen dürften nicht ganz fehlen. Ob kleine bräunliche Blättchen dem Eisenglanz oder Glimmer zuzuweisen sind, ist zweifelhaft. Die Felsart gehört unstreitig zu den Chimborazo-Gesteinen.

Eine zweite Gesteinsprobe auf diesem Berge bei 14400 F. nahe der Schneegrenze in der Richtung gegen den Gaqua-Pichincha gesammelt, verhält sich wesentlich anders. Sie ist sehr deutlich plattig ausgebildet, lichtgrau von Farbe sehr rauh, jedoch fast frei von grösseren Plagioklaseinschlüssen. Desto reichlicher stellen diese sich, wie der Dünnschliff lehrt, in kleinen Nädelchen der Grundmasse eingebettet ein, begleitet von kleinen rundlichen Augitkörnchen und Magneteisentheilchen. Ausserdem kommt sehr stark dichroitischer Augit auch noch zu grösseren rundlichen Putzen zusammengehäuft

und in deutlich umgrenzten grösseren Krystallen eingesprengt vor. Es ist also ein sog. Augitandesit.

Cotopaxi-Gestein.

Zu der gleichen Gruppe muss auch die Felsart gezählt werden, welche M. Wagner am Fusse des Cotopaxi-Kegels an einem circusförmigen Felsen des berühmten Picacho [1]) in einer Höhe von 14400′ abgeschlagen hat. Die Hauptmasse des Gesteins ist dunkelgrau dicht, porphyrartig mit wenigen, mässig grossen Feldspath- und vielen kleinen schwarzen Mineral-Einsprengungen.

Die Grundmasse besteht in Dünnschliffen aus einer nicht weiter in Kryställchen auflösbaren, glashellen, amorphen Substanz, in welcher zahllose wasserhelle i. p. L. farbige Plagioklasnädelchen, grössere schwarze Magneteisenkörnchen und kleinste schwärzliche Globulite in unregelmässigen Putzen gruppirt eingebettet liegen. Die grösseren Plagioklaseinschlüsse bilden breite, wasserhelle Krystalle, welche meist von Glasgallen, schwarzen Körnchen und Bläschen durchsprengt sind.

Ziemlich unregelmässig umgrenzte Körnchen von theils bräunlicher, theils hellgrüner Farbe, erstere stark, letztere schwach dichroitisch, beide ziemlich ähnlich zerrissen, gehören theils der Hornblende, theils dem Augit an.

Grössere Magneteisenkryställchen sind spärlich vorhanden. Es ist dies eine porphyrartige Ausbildung des Chimborazo-Gesteins.

Von abweichender Beschaffenheit scheint das Gestein des Eruptionskegels selbst zu sein. Ein von M. Wagner als Rapilli aus der Höhe von 15700 Fuss bezeichnetes Stück ist eine grossblasige Schlacke von dunkelgrauer Farbe mit zahlreichen Einschlüssen von Plagioklaskryställchen, Körner eines grünlichen wasserhellen Minerals

1) Vergl. M. Wagner a. a. O. S. 517 u. ffd.

der Augitgruppe, Magneteisentheilchen und vielleicht mit einzelnen Quarzkörnchen. Die Grundmass eist trachytisch wasserhell, relativ wenig glasig und schliesst sich der Beschaffenheit nach eng an die Chimborazo-Lava an. In der Barranca von San Elias am SW. Fuss des Cotopaxi breitet sich ein thonsteinartiges hellfarbiges röthlich-weissliches Gestein aus, welches die Basis des Berges zu bilden scheint. Es ist voll Blasen, leicht von Gewicht und stellt eine stark zersetzte und vielleicht durch die Einwirkung heisser Wasserdämpfe umgewandelte trachytische Lava vor.

Vulkan Imbabura.

Es ist ein fast gleichförmig dichtes hellgraues Gestein mit schon für das unbewaffnete Auge unterscheidbaren Plagioklasausscheidungen und mit nur spärlichen schwarzen Putzen, welches von dem Vulkan Imbabura vorliegt. Die Dünnschliffe weisen nach, dass die Hauptmasse aus kleinsten Plagioklasnädelchen besteht, welche so massenhaft auftreten, dass man kaum eine Spur etwas staubiger, sonst wasserheller amorpher Zwischensubstanz wahrnimmt. Neben diesen Krystallnädelchen, die i. p. L. deutlich streifig-farbig sich zeigen, kommen gleichfalls sehr kleine rundliche, grünliche Körnchen in grosser Menge vor. I. p. L. erscheinen sie in lebhaft bunten Farben und gehören einer Augitbeimengung an. Magneteisen kommt in kleinen Körnchen häufig vor.

Was die bereits erwähnten schwarzen putzenförmigen Ausscheidungen anbelangt, so erweisen sie sich im Dünnschliffe von meist ganz unregelmässigen Umrissen und als eine dichte Zusammenhäufung kleinster schwarzer Körnchen, die vermuthlich Magneteisen sind. Hier und da tritt im Innern dieser Putzen eine braungrüne, fasrige Mineralsubstanz hervor, die ohne Zweifel noch unzersetzte Hornblende ist. Vereinzelt zeigen sich auch etwas grössere, aber immer noch verhältnissmässig kleine Plagioklasnädelchen.

Das fleckige Aussehen des Gesteins, welches besonders an den Dünnschliffen sich bemerkbar macht, rührt davon her, dass Augit-ärmere und Augit-reichere Partien der Grundmasse sich gleichsam zusammenmengen und an den Rändern verfliessen.

Wir haben hier gleichsam eine Thonstein-ähnliche Varietät des Chimborazo-Gesteins, welche Augit und Hornblende zugleich enthält, vor uns. Einen Uebergang zu der vorigen Abänderung vermittelt das Gestein von dem

Vulkan Cotocachi.

Dasselbe stammt gleichfalls aus der Provinz Imbabura in Ecuador von den Westanden und macht sich dadurch bemerkbar, dass es in Säulen ausgebildet vorkommt. Die graulich-weisse Felsart ist dicht und enthält porphyrartig eingesprengten Plagioklas und Augitkrystalle. Auch hier besteht die Hauptmasse aus einem Haufwerk kleinster Plagioklasnädelchen und kleinen Augitkörnchen mit Magneteisen, so dass die eigentliche amorphe Mesostasis kaum zur Geltung kommt. Kleine rothbraune Blättchen, welche i. p. L. ihre Farbe nicht ändern, gehören vielleicht Eisenglimmer an. Die grösseren Plagioklas- und Hornblendeeinschlüsse verhalten sich ungefähr, wie jene des Chimborazogesteins.

Vulkan Ilinissa.

Ein auf der Höhe von 11400 Fuss gesammeltes Gesteinsstück dieses Vulkans gehört gleichfalls diesem trachytischen Typus an und zeichnet sich nur durch grössere Blasenräume aus. Die Wände dieser Höhlungen lassen zahlreiche Glasfäden bemerken; dies scheint den zähflüssigen Zustand des Eruptionsmaterials anzudeuten, aus dem das Gestein erstarrte. Die Hornblendenadeln sind sehr zahlreich und von schwärzlich-grüner Farbe.

Die Analyse dieses Gesteins ergab:

Kieselsäure	62,60
Thonerde Eisenoxyd (Oxydul) } .	26,00
Kalkerde	5,30
Bittererde	1,10
Kali	0,70
Natron	5,10
Glühverlust	—,—
	100,80

Von ganz besonderem Interessen ist ein Gesteinsstück, welches in der Fundangabe als Gipfelgestein des grossen Doppelkegels des Vulkans Ilinissa bezeichnet ist mit der Bemerkung, dass der ganze östliche Gipfel des kolossalen Bergs aus losen Trümmern dieser breccienähnlichen Gesteinsart bestehe.

Das Gesteinsstück ist aus zweierlei Massen zusammengesetzt. Ein hellgrauer, ziemlich dichter Theil besitzt ganz die Beschaffenheit der typischen Andentrachyte mit grösseren Plagioklaskrystallen und kleineren, schwärzlichen Hornblendenädelchen.

Der zweite, porphyrartig ausgebildete Antheil besitzt eine sehr dichte, röthliche Grundmasse, in welcher neben Plagioklas- und Hornblendekryställchen auch Quarzkörnchen sich bemerkbar machen. Dieser zweite Antheil ist scharf von dem ersten getrennt und nimmt, wo er an letzteren anstösst, eine ganz dicke, Hornfels-artige Beschaffenheit an. Es ist nicht zweifelhaft, dass wir in letzterem ein jüngeres, quarzführendes Gestein vor uns haben, welches den typischen grauen, körnigen Andentrachyt gangartig durchsetzt und wohl auch Brocken des letzteren in seiner Teigmasse aufgenommen hat. Was aber diesem Gestein vollends das Ansehen einer Breccie verleiht, das rührt davon her, dass in der Masse des porphyrartigen, rothen Gesteins zahlreiche

an Porzellanjaspis oder Hornfels erinnernde, dichte, nach Art der Festungsachate hellgrau, dunkelgrau und röthlich gefärbte, eckig ausgezogene Putzen eingebettet liegen. Man könnte sie ihrer ganzen Art nach als fremdartige Gesteinsfragmente — etwa von Thonschiefer ansehen —, welche von der Teigmasse aufgenommen, durch die Einwirkung des Trachyts metamorphosirt worden wären, wie es bei Contaktmetamorphosen von Diabas und Melaphyr so häufig zu beobachten ist. Aber der Umstand, dass die Ränder dieser Einschlüsse nicht scharf abgegrenzt sind, sondern gleichsam in die Gesteinshauptmasse übergehen, mehr noch die Erscheinung, dass die Grenzregion gegen die zuerst genannte Gesteinsart, welche sie gangartig berührt, genau dieselbe Hornfels-artige Beschaffenheit zeigt, spricht zu Gunsten der Annahme, dass diese Putzen nur als Ausscheidungen aus der Masse der durch Aufnahme und Einschmelzen fremder Gesteinsfragmente vielleicht anders zusammengesetzter, porphyrartiger Gebirgsart zu betrachten sind.

Aus der Umgebung des Ilinissavulkans stammt ein auf dessen NW. Seite in der Hochebene Tacunga anstehendes, porphyrartiges fast dichtes Gestein von weissgrauer Farbe und mit nur in geringem Grade rauhen Bruchflächen. Grössere Plagioklaskrystalle sind sehr spärlich, rundliche weingelbe Augitkörnchen dagegen reichlich eingemengt.

Dass derartige trachytische hellfarbige Gesteine sog. Andesite auch über Ecuador noch weiter nördlich fortsetzen, beweisen Gesteine vom Isthmus von Panama, welche gleichfalls M. Wagner gesammelt hat. Darunter bemerken wir einige von besonders auffallendem Typus.

Isthmus von Panama.

Unmittelbar neben der Eisenbahn zwischen Metachia und Mamey findet sich ein lichtröthlich-graues, porphyrartiges Gestein voll von sehr grossen z. T. glasig-hellen, z. T.

trüben, parallelstreifigen Feldspathkrystallen neben Hornblendenadeln. In Dünnschliffen sieht die ziemlich stark entwickelte Grundmasse wie geronnen aus, indem Häufchen von schwarzen Magneteisenkörnchen zusammen mit dunklen Mikrolithen wolkenartig zerstreut zwischen helleren Partien liegen. Letztere bestehen merkwürdiger Weise nicht aus einem Haufwerk von Nädelchen, sondern aus breiten, kurzen Plagioklaskryställchen und relativ sehr spärliger, staubigtrüber Mesostasis, so dass das Ganze i. p. L. das Aussehen von Moiré gewinnt. Einzelne breite Plagioklaskryställchen und zahlreiche, braune Hornblendekörnchen stellen sich dazwischen ein. Die im Eingang erwähnten grossen Plagioklaskrystalle sind meist im Innern trüb, opak durch weisse Flocken und Körnchen als Zeichen erlittener Zersetzung. Nur kleine Nadeln sind rein und wasserhell.

Auch die ungemein häufigen Einsprengungen von röthlich-brauner, fasrig-streifiger Hornblende sind meist in der Mitte zersetzt, so dass nur noch ein Skelett von Hornblende in einer Speckstein-artigen Masse eingebettet erhalten ist.

Magneteisen findet sich meist feinkörnig und staubig ausgebildet.

Kochende Salzsäure zersetzt sehr viele der bereits in der Umsetzung begriffenen Plagioklasausscheidungen.

Zwischen Mamey und San Pablo findet sich ein sehr ähnliches Gestein, jedoch in sehr stark zersetztem Zustande und zugleich mit zahlreichen wasserhellen Quarzkörnchen in der Grundmasse. Die Plagioklaskrystalle sind theils vollständig, theils am Aussenrande oder längs der Spaltungsklüfte in weissen Thon, die Hornblende bis auf geringe Theilchen in eine rothe Pinit-artige Substanz umgewandelt.

Aehnlich wie die zuerst beschriebene Felsart verhält sich auch das Gestein aus der Nähe der Stadt David in Chiriqui, welches die dort auftauchenden conischen Hügel zusammensetzt. Von äusserem Aussehen ist es schwarzgrau,

dunkler gefärbt, als die bisher betrachteten Gesteine, daher etwas Basalt-ähnlich, aber von nur mattem Glanze. Die Hauptmasse sieht in Dünnschliffen gleichfalls wie geronnen aus und besteht aus ausserordentlich kleinen Plagioklasnädelchen, welche i. p. L. farbig hervortreten und wie die feinsten Haare in einen Filz verwebt sind; amorphe Mesostasis ist kaum unterscheidbar. Ausserdem nehmen kleine runde Körnchen von i. p. L. buntfarbigem Augit und schwarze Magneteisenkörnchen an der Zusammensetzung Theil. Sehr zahlreich sind die beträchtlich grossen Plagioklasausscheidungen; sie sind meist wasserhell und häufig auf den Klüften von einer bräunlichen, amorphen Substanz durchzogen. Auch fehlen Gallen von eingeschlossener Hauptmasse und Bläschen nicht. An den Rändern ragen nicht selten Mikrolithnädelchen in die Krystallsubstanz hinein zum Zeichen ihres nahezu gleichzeitigen Entstehens. Hornblendeeinschlüsse scheinen ganz zu fehlen, wenn nicht einzelne braune Putzen einer zersetzten Substanz dieselben vertreten.

Der Vulkan von Chiriqui besteht nach einem Gesteinsstück von der NW. Seite aus ganz typischem, hornblendereichem Chimborazotrachyt von feinkörniger Zusammensetzung zugleich mit Augit- und Quarzbeimengungen. Auch die Gebirgsart aus der Barranco des Rio de las piedros am NW-Abhange desselben Vulkans ist ganz von derselben Art, nur viel feinkörniger, sowie fleckig und streifenweise grau und röthlich gefärbt, gleichsam aus zweierlei zusammengeflossenen und vermischten Eruptionsmassen entstanden. Doch liegen auch Gesteinsstücke von diesem Berge von fast ganz dichter Textur vor; in der hellgrauen, wenig rauhen Masse bemerkt man kaum einzelne Plagioklasausscheidungen, wogegen sehr lichtfarbiger Augit in zahlreichen Körnchen sich einstellt.

Unter den hellfarbigen trachytischen Gesteinen

begegnen wir mithin keinem, welches eine nähere Verwandtschaft mit dem Enhydrosgestein erkennen lässt.

Wenden wir uns zu der basaltischen Reihe, aus welcher gleichfalls unter der Bezeichnung Augitandesit viele schon aus den Anden beschrieben sind, so enthält auch von dieser die M. Wagner'sche Sammlung zahlreiche Sammelstücke aus verschiedenen Gegenden. Es sind nur einige wenige derselben, über welche ich hier einige Bemerkungen beifüge. Zunächst greife ich eine äusserlich dem europäischen Basalt sehr ähnliche Felsart heraus, welche wahrscheinlich bereits schon zum Gegenstand einer Untersuchung vom Rath's, Artopè's und Rosenbusch's [1]) gedient hat.

Vulkan Tunguragua.

Ein tief schwarzes, fast pechartig glänzendes, als Basalt bezeichnetes Gestein entstammt nach dem Originalzettel Wagner's aus dem Pastassathale, [2]) welches die östliche Andenkette quer durchschneidet. Die Felsmasse erhebt sich um den Vulkan Tunguragua wallartig in pralligen, senkrechten Wänden mit einer Ausbildung zu fünfkantigen Säulen; indem sie zwischen Glimmerschiefer, Gneiss und Syenit keilartig eindringt, durchbricht sie auch den sog. Trachyt gangförmig.

An der Zusammensetzung der Hauptmasse dieses Gesteins betheiligen sich ein schwärzlichbraunes, amorphes Glas, kleinste Plagioklasnädelchen, wenige kleine Augit- und Magneteisenkörnchen und sehr zahlreiche, grosse Ausscheidungen von Plagioklas, Augit und Magneteisen.

Das braune Glas ist theils ohne weitere Einschlüsse, theils erfüllt mit kleinsten, fast regelmässig eingebetteten

---

1) Vergleiche Rosenbusch's Mikrosc. Physcogr. d. Mch. u. Gest. II. S. 420.

2) Vergl. Wagner a. a. O. S. 484 u. ffd.

Körnchen, die erst bei einer 200 maligen Vergrösserung deutlicher zum Vorschein kommen und diesen Theilen der Glasmasse eine dunklere Färbung ertheilen.

Die in der Hauptsache wasserhellen Plagioklaskrystalle enthalten ziemlich zahlreiche Glasgallen, Bläschen, Körnchen und Augitnadeln.

Von Pyrogeniten (Mineralien aus der Gruppe des Augits und Amphibols) scheint blos Augit in grösseren Ausscheidungen vorzukommen. Diese Ausscheidungen sind wein- bis bräunlich grün gefärbt, stark rissig, oft dem Olivin täuschend ähnlich, theils nicht, theils stark dichroitisch. Glüht man die Dünnschliffe, so nehmen einzelne dieser Ausscheidungen eine tiefbraune Farbe an, wie es der Olivin zu thun pflegt. Doch hat die Behandlung der Dünnschliffe, sowie des Gesteinpulvers mit kochender Salzsäure vollständig sicher gestellt, dass kein Olivin vorhanden ist, wohl aber zeigen sich einzelne der Plagioklaskrystalle nach dieser Behandlung mehr oder weniger zersetzt.

Durch mehrstündige Behandlung des Pulvers mit Salzsäure bei der Kochhitze wurde nahezu 20% desselben zersetzt und zwar besteht der zersetzte Antheil aus:

Kieselsäure . .	8,90
Thonerde . . .	4,40
Eisenoxyd, Eisenoxydul .	2,80
Kalkerde . . .	2,47
Bittererde . . .	0,20
Kali	0,14
Natron	0,70
Glühverlust . .	0,30
	19,91

Eine ganz geringe Menge von Kalk-Bittererdecarbonat, dann eine grössere Menge Magneteisen und Theile eines

wenigstens theilweise zersetzbaren Plagioklases erscheinen in diesen durch Säuren angegriffenen Gemengtheilen, während ein als Olivin zu deutender Bestandtheil völlig fehlt.

Der in kochender Salzsäure unzersetzte Rückstand des Gesteins (I) besteht gegenüber der Zusammensetzung des Gesteins im Ganzen (II) aus:

	I	II	III
Kieselerde	57,60	56,50	66,060
Thonerde	13,33	15,06	15,643
Eisenoxyd (mit Oxydul) .	13,40	13,52	4,614
Kalkerde	4,70	6,23	4,554
Bittererde	3,15	2,72	2,568
Kali	1,72	1,35	2,356
Natron	5,12	4,55	3,998
Glühverlust	0,27	0,30	0,298
	99,29	100,23	100,091

Die Zahlen der Analysen I und II nähern sich denjenigen, welche bis jetzt bei der Mehrzahl der Augitandesituntersuchungen gefunden worden sind, während sie in auffallender Weise von jenen durch Artopè (a. a. O. S. 14) bei dem schwarzen Gestein desselben Bergs gefundenen Werthen, die oben aus der Spalte III zu ersehen sind, abweichen. Zwar erreichen auch die zum Augitandesit gezählten Gesteine von Santorin denselben hohen Kieselsäuregehalt, wie ihn Artopè für das schwarze Gestein von Tunguragua gefunden hat und ebenso enthalten auch zahlreiche sog. Augit-Andesite von Ecuador nach den Bestimmungen Abich's[1]) eine nahe gleich grosse und selbst grössere Menge von Kieselsäure, allein die letzteren Gesteine werden als Quarz-führende bezeichnet, wie das von dem schwarzen Tunguragua-Gestein gewiss nicht angenommen werden darf.

1) v. Humboldt Kosmos IV. S. 471.

Einen annähernd gleichen Typus basaltischer Laven besitzt eine Reihe anderer Gesteinsproben der M. Wagner'schen Sammlung. Zunächst ist es eine gleichfalls vom Tunguragua abstammende tief schwarze, stark poröse Felsart, welche einen grossen Lavastrom auf der NO. Seite des Vulkans bildet. Abgesehen von den Blasen und Poren und dem starken Hervortreten der Glasmasse scheint in der Hauptmasse eine wesentliche Verschiedenheit gegen das soeben beschriebene Gestein nicht zu bestehen. Die hellen, stark rissigen, sehr kleinen Plagioklasnadeln heben sich grell aus der schwarzen Masse hervor, während die gleichfalls häufigen Augite sich nur in Dünnschliffen bemerkbar machen.

Auch hier wird Olivin durchaus vermisst.

Selbst concentrirte Salzsäure ist ohne Einwirkung auf die Gemengtheile, mit Ausnahme des Magneteisens. Der Kieselsäuregehalt wurde zu 60,76% gefunden.

Hieran schliesst sich unmittelbar das schwarze basaltische Gestein des Plateaus von Tacunga, welches von den Auswurfsmassen des Cotopaxi überdeckt wird.

Von besonderem Interesse aber ist ein schwammig poröses schwarzes Gestein vom Fusse des Ilinissavulkans, wo dasselbe in der Ebene von Tacunga ziemlich regelmässige konische Hügel ausmacht. Die vorliegende Gebirgsart stammt von einem solchen Hügel Callo und enthält in seiner Masse zahlreiche fremdartige Gesteinsbrocken eingeschlossen. Kleinere Stückchen scheinen völlig in schlackiges Glas umgeschmolzen zu sein. An grösseren Stückchen erkennt man deutlich das ziemlich unveränderte Augit-reiche, hellgraue, trachytische Gestein vom Ilinissa. Dünnschliffe, welche solche Einschlüsse mit dem einschliessenden Gestein zugleich enthalten, lassen erkennen, dass die Grenze ziemlich scharf ist und nur stellenweis glasige Streifchen der Lava in die eingeschlossenen Stücke vordringen, ohne aber irgend eine bemerkbare Ver-

änderung zu erzeugen. Neben dem intensiv braunen Glas der Grundmasse, welche von Mikrolithen erfüllt ist, heben sich helle Plagioklasnadeln, intensiv grüne, stark dichroitische Augit- und Magneteisenkörnchen hervor. Auch hierin konnte weder Olivin, noch Nephelin oder Leucit gesehen werden. Es ist wohl nicht zweifelhaft, dass diese Gesteine zu der Gruppe gehören, aus welcher H. vom Rath den Plagioklas analysirt und als Andesin bestimmt hat. Es ist dies das schwarze Gestein vom Guagua-Pichincha. Wir dürfen demnach vermuthen, dass die hellen rissigen Plagioklase der eben genannten schwarzen Gesteine gleichfalls zum Andesin gehören.

Aehnliche Gesteine liegen uns auch von dem Isthmus von Panama vor, die bald als Basalte, bald als Dolerite bezeichnet werden, sich aber durch ihren Mangel an Olivin und Titaneisen, wie die südamerikanischen Gesteine, auszeichnen, im Allgemeinen mehr ein Anamesit-ähnliches Gefüge besitzen.

Gesteine von Summit Panama.

Ein Dolerit-ähnlich aussehendes, feinkörniges, schwarzes Gestein stammt von der Südostseite nahe der höchsten Erhebung der Eisenbahn zwischen Paraiso und Empire dicht neben der Strasse in schönen regelmässigen Säulen anstehend. Die Dünnschliffe zeigen eine Zusammensetzung des Gesteins aus kleinen Plagioklasnädelchen und rundlichen Augitkörnchen, zwischen welche eine theils rothbraune, theils olivengrüne, häutig aussehende Substanz reichlich sich ausbreitet. Letztere möchte man unbedingt für Glasmasse halten, da sie ganz deren Rolle spielt; doch ist sie nicht amorph, sie bleibt vielmehr i. p. L. bei gekreuzten Nikols hell durchsichtig, ohne jedoch bunte Farben zu zeigen. In dieser braunen Zwischenmasse bemerkt man die ähnlichen feinen Körnchen oder Bläschen bei sehr grosser Vergrösser-

ung, wie solche auch bei dem Gestein von Tunguragua in der Glasmasse gefunden werden. Dazu kommt, dass diese Zwischenmasse von Salzsäure ziemlich leicht zersetzt wird, so dass, wenn man die Dünnschliffe dann auch noch mit Kalilösung behandelt, die Masse sich ganz in kleine Häufchen von Plagioklasnädelchen und Augitkörnchen zertheilt. Sollte dieses eigenthümliche Verhalten der sonst dem Tachylyt ähnlichen, die Stelle der Mesostasis vertretenden Substanz nicht durch eine Umbildung aus Glasmasse sich erklären lassen, wobei die umgewandelte Substanz ähnlich, wie es bei gewissen Bändern des Palagonits vorkommt, in kryptokrystallinischen Zustand übergegangen ist?

In dieser Hauptmasse liegen nun zerstreut einzelne breite, wasserhelle Plagioklasnadeln, kleine unregelmässig umgrenzte Augitkörner und grössere Magneteisenkryställchen. Der Kieselsäuregehalt wurde zu 50,14% bestimmt.

Sehr ähnlich ist auch das Gestein aus der Nähe von Paraiso, in dessen aus äusserst kleinen Plagioklasnädelchen und Augitkörnchen bestehenden Hauptmasse auch die eben erwähnte, nicht amorphe Zwischensubstanz, aber mehr putzenartig vertheilt, zum Vorschein kommt. Dieses Gestein, welches nur eine lokale Varietät des vorigen zu sein scheint, ist besonders dadurch ausgezeichnet, dass die in kleinen Nädelchen ausgebildeten wasserhellen Plagioklaskrystalle durch die Einwirkung kochender Salzsäure grösstentheils zersetzt werden.

Die chemische Analyse ergiebt für dieses Gestein folgende Zahlen:

I Für den in ganz verdünnter Säure zersetzbaren Gemengtheil, nebst dem in Kalilauge löslichen Gehalt an Kieselsäure.

II Für den alsdann in kochender Salzsäure weiter zerlegbaren Antheil mit 39,4% berechnet.

III Umrechnung der Ziffern in II nach Abzug von Eisenoxyd und Bitterde.

IV Bauschanalyse des Gesteins.

	I	II	III	IV
Kieselsäure	3,20	45,58	52,25	54,88
Thonerde	0,19	20,41	28,44	16,64
Eisenoxyd (Oxydul) .	0,38	17,97	—	14,87
Kalkerde	0,37	9,69	13,51	5,25
Bittererde	0,15	1,62	—	1,04
Kali	—	1,06	1,48	5,75
Natron	—	3,09	4,31	
Kohlensäure . . .	—	—	—	0,80
Glühverlust . . .	0,55	0,60	—	0,65
Zusammen	4,84	100,02	99,99	99,88

Man erkennt daraus, dass wir hier ein leicht zersetzbares, sehr eisenreiches, basisches Gestein vor uns haben, und dies erklärt auch die sehr auffallende Erscheinung, dass das Gestein sehr leicht zu einer ockergelben Erde verwittert. Was den Plagioklas dieses Gesteins anbelangt, so dürfte derselbe nach der Ausrechnung in (III) wohl für Labrador anzunehmen sein.

Ganz denselben Typus besitzt auch das dunkle, feinkrystallinische Gestein an der äussersten Nordgrenze des Isthmus auf der atlantischen Seite bei Gorgona, welches in schönen Säulen bricht und die höchsten Hügel des eigentlichen Isthmus ausmacht. Auch in diesem erweist sich eine braune Zwischenmasse i. p. L. als nicht amorph. Bemerkenswerth ist überdies die eigenthümliche Form der in feinen Körnchen neben Plagioklasnädelchen die Hauptmasse ausmachenden Augite. Diese Körnchen sind nämlich rundlich, knollen-

förmig mit wulstigen Ansätzen, ganz ähnlich wie im Grossen der Pargasit aus dem körnigen Kalke von Pargas geformt vorkommt. Der Kieselsäuregehalt beträgt in diesem Gestein 54,84%.

Fasst man die Hauptergebnisse der Untersuchung an dem vorliegenden dunklen basaltartigen Andengestein zusammen, so ergiebt sich als charakteristische Eigenthümlichkeit desselben das Fehlen (oder die grösste Seltenheit) der Einschlüsse von Olivin, Nephelin und Leucit. Ebensowenig konnte ich je mit Sicherheit Apatit und Titaneisen erkennen. Wir haben es sohin mit einem sehr einfachen Gesteinstypus von basaltischem Aussehen, schwarzer Farbe und fein krystallinischer, oft porphyrartiger Textur zu thun, bei dem die Hauptmasse aus theils dunkelfärbiger, glasiger, theils entglaster dunkler Mesostasis mit eingebetteten kleinen Plagioklasnädelchen, Augitkörnchen und Magneteisentheilchen und ausserdem eingestreuten grösseren Krystallen derselben Mineralien, zu denen auch zuweilen noch Hornblende (wohl auch Quarz) sich gesellt, besteht.

Diese wenigen Beobachtungen weisen in Uebereinstimmung mit älteren Untersuchungen darauf hin, dass in Süd- und Mittelamerika vorherrschend z w e i Typen von jüngerem Eruptionsgestein in grossartiger Ausbreitung auftreten, nämlich:

1) ein trachytischer Typus nach Art der oft genannten Gesteine des Chimborazo von hell- bis dunkelgr a u e r, selten röthlich oder graubrauner Farbe, mit r a u h e r Bruchfläche, seltener von schlackiger Beschaffenheit, mit zahlreichen Einsprengungen von meist glashellem, rissigem Plagioklas, Nadeln dunkler Hornblende, Körner von Augit (beide einzeln oder mit einander vorkommend) mit oder ohne Quarzkörnchen und Glimmerblättchen, [1] sowie reich

1) Glimmerblättchen werden oft angegeben; selbst jedoch habe ich solche nicht angetroffen.

an Magneteisen, welches in feinen Staubtheilchen und grösseren Körnchen vorkommt;

2) ein basaltischer (doleritischer) Typus nach Art der Anamesite oder Dolerite fein krystallinisch, selten ins anscheinend Dichte übergehend, dunkelschwarz, bis braunschwarz, mit nicht rauher Bruchfläche, häufig jedoch porös schlackig, mit meist nicht sehr zahlreichen Einsprengungen von hellem Plagioklas in einer dunklen farbigen Grundmasse von vorherrschend glasiger Beschaffenheit, mit weinfarbigen Augitkörnchen oder -Putzen, zuweilen mit Hornblende und wohl nur aufgenommene Quarzkörnchen. Magneteisen ist immer in reichlicher Menge beigemengt, dagegen scheint Olivin, Nephelin und Leucit gänzlich zu fehlen.

Gesteine beider Reihen werden in der Regel als Andesite bezeichnet und in Hornblende- und Augit-Andesite unterschieden, ohne weitere Rücksicht auf ihr typisches Aussehen zu nehmen. Man geht in der Unterscheidung in der Regel noch weiter und trennt in beiden Reihen wieder quarzführende und quarzfreie. Es wäre unberechtigt, mich über eine solche fortgeschrittene Gliederung im Allgemeinen hier auszusprechen. Speziell aber in Bezug auf die mir vorliegenden südamerikanischen Gesteine scheint mir eine solche Trennung weder praktisch aufführbar, noch naturgemäss, wenigstens was die erste Gruppe der trachytischen Gesteine anbelangt, indem bei dieser jede haltbare Grenze zwischen Hornblende- und Augit-haltigem, quarzführendem und quarzleerem Gestein fehlt. In welchen Mengungsverhältnissen muss Hornblende oder beziehungsweise Augit vorhanden sein, um nicht bloss als accessorischer, sondern als wesentlicher Gemengtheil zu gelten? Mag das in einzelnen Handstücken schon schwierig zu entscheiden sein, wie in weit grösserem Maasse in den

ausgedehnten Gebirgen, in welchen diese Gesteine sich weithin ausbreiten und sich begegnen. Ich glaube, wir dürfen in dieser Richtung nicht mehr Scheidung in die Natur hineintragen wollen, als sie selbst in sich trägt.

In Bezug auf die Gesteine von basaltischem Typus ist dies viel einfacher, indem bei diesen wohl schwerlich ein Hornblende-Andesit wird beobachtet und unterschieden worden sein und was die quarzführenden Abänderungen von demselben Typus anbelangt, so dürften diese sich auf Fälle beschränken, in denen Quarzkörnchen eingeschmolzen wurden oder erst in Folge erlittener Zersetzung sekundär Quarz sich angesiedelt hat.

Ich bin aber auch der Meinung, dass man diese amerikanischen Gesteine nicht alle zusammenwerfen dürfe, indem man sie allesammt in die Gruppe des Andesits aufnimmt. Es scheint mir vielmehr eine leicht ausführbare Scheidung in die oben schon mehrfach angedeuteten Gruppen der trachytischen Typen von mehr saurer Zusammensetzung (Kieselsäuregehalt etwa über 57%) und basaltischen Typen von mehr basischer Zusammensetzung (Kieselsäuregehalt unter 57%, wenn nicht Quarzkörnchen enthaltend) naturgemäss und auch ihrem relativen Alter zu entsprechen.

Ich stimme daher bis zu einem gewissen Grade mit der Ansicht Lagorio's[1]) über die Kaukasus-Andesite überein, nur scheint mir die Einführung und Berücksichtigung der Altersbeziehungen eines Eruptivgesteins mehr geeignet, die Grenze der sog. Willkürlichkeit durch das wichtige Princip der geohistorischen Thatsache auf ein richtiges Maass einzuengen, als sie maasslos zu erweitern und daher für jede petrographische Studie nicht nur von grösster Wichtigkeit, sondern auch gradezu unumgänglich nöthig.

1) Die Andesite des Kaukasus. Dorpat 1878.

Ist eine Unterscheidung der südamerikanischen Eruptivgesteine in solche von trachytischem und basaltischem Habitus begründet, was mir aus dem relativ kleinen vorliegenden Material begreiflicherweise endgültig zu entscheiden, nicht in den Sinn kommen kann, so dürfte allerdings alsdann die Bezeichnung Andesit, ihrer ursprünglichen Verwendung entsprechend, nur für die trachytischen Gesteine beizubehalten und die zweite Gruppe enger den Olivin-freien Feldspathbasalten anzureihen sein.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Oeffentliche Sitzung

zur Feier des 122. Stiftungstages

am 28. März 1881.

Der Secretär der mathematisch-physikalischen Classe, Herr v. Kobell zeigt nachstehende Todesfälle der Mitglieder an:

Dr. Joh. Nep. von Ringseis.

Geb. am 16. Mai 1785 zu Schwarzhofen in der Oberpfalz.
Gest. am 22. Mai 1880 zu München.

Im Jahre 1797 besuchte Ringseis, nach einigen Vorschulen in Regensburg und Walderbach, das Studien-Seminar zu Amberg und kam 1805 auf die hohe Schule nach Landshut, wo er sich an der Seite seines jüngeren Bruders Sebastian dem Studium der Medicin widmete. Sein originelles Wesen und sein offener heiterer Charakter machten ihn bald zum Liebling seiner Studien-Genossen. Am 14. März 1812 promovirte er und ging dann zu weiterer Ausbildung nach Wien und nach Berlin. Daselbst lernte er 1814 den Bildhauer Rauch kennen, welcher ihn an den Kronprinzen Ludwig von Bayern empfahl, dem er später als geistreicher Reisebegleiter zur Seite stand. Zunächst setzte er seine

Studienreisen in Mitteldeutschland fort und wurde, nach München zurückgekehrt, für den bevorstehenden Feldzug der Deutschen nach Frankreich zum Feldspital-Medicus mit Hauptmanns-Rang ernannt.

Bald hatte er Gelegenheit, das Feldlazareth zu dirigiren und mit ärztlicher Hilfe vielfach thätig zu sein, bis er im Oktober 1815 nach Paris kam, wo sein Aufenthalt bis zum 17. December dauerte. Er lernte daselbst Jakob Grimm und Alexander v. Humboldt kennen und kehrte dann über Soissons, Laon, Mons, Antwerpen, Brüssel, Aachen, Köln, Frankfurt und Heidelberg 1816 nach München zurück, machte die Staatsprüfung und erhielt am 16. August 1817 seine erste Anstellung am Krankenhaus zu München. Kurz darauf wurde er vom Kronprinzen Ludwig als Leibarzt und Begleiter auf der Reise nach Italien berufen. Die Fahrt ging nach Rom, Neapel und Sicilien. Auf dieser Reise hatte er Gelegenheit, dem Kronprinzen die Verlegung der Landshuter Universität nach München zu empfehlen und die Vortheile, welche dem gelehrten Institut dadurch in Aussicht standen, klar zu machen, wie denn auch nach dem Regierungsantritt König Ludwigs I. die vorgeschlagene Uebersiedlung stattfand und dabei mancherlei Berufungen durch Ringseis veranlasst wurden. Bei der Rückkehr nach Rom wurde durch ihn auch die Bekanntschaft des Kronprinzen mit Cornelius vermittelt und ist diese Begegnung die erste Quelle geworden zum nachmaligen Aufblühen der Kunst in München. Wäre Ringseis nicht poetisch und mit idealem Streben angelegt gewesen, so wären wohl manche glücklich gebotenen Momente unbeachtet geblieben, welche das Interesse und die Anregung seines fürstlichen Gönners zu erfreulichen Schöpfungen herbeigeführt haben. Man kann daher auch über eine ihm eigene Vorliebe für mystische Vorstellungen, für den Verkehr mit der Geisterwelt und ähnlichen Phantasieen hinwegsehen, um so mehr als dabei von seiner Seite

keinerlei Charlatanismus im Spiele war und keine Schädigung seines Berufs veranlasst wurde. —

Der ersten italienischen Reise folgte 1820 eine zweite mit dem Kronprinzen, wo dem hohen Herrn in der Campagna von Rom der Unfall begegnete, dass ihn ein wildgewordener Stier anrannte und ihm den linken Arm an der Schulter aus dem Gelenk stiess. Hier bewährte Ringseis seine chirurgische Kunst und seine Sicherheit in Behandlung des Falls und vollzog sogar gegen die Einsprache des von Schmerzen heftig ergriffenen Herrn die Einrichtung des Arms. Die von ihm dabei bewiesene Energie und der günstige Erfolg steigerte die Achtung und die Zuneigung des Prinzen, der ihm als nachmaliger König auch fortwährend Beweise ehrenvoller Anerkennung gegeben hat.

Ringseis hat die italischen Reisen auch zu mineralogischen Studien benützt, denen er besonders zugethan war. Seine reiche Mineraliensammlung wurde dabei namentlich durch die schönen Vorkommnisse der sicilianischen Cölestine und Schwefel zu einer der vorzüglichsten dieser Art erweitert. Die Sammlung kam später an den Herzog Maximilian von Leuchtenberg und nach dessen Tode an die bayerische Staatssammlung, welcher sie eine seltene Zierde geworden. —

Im Jahre 1824 wurde Ringseis Mitglied der Akademie der Wissenschaften, 1826 Obermedicinalrath, 1827 Professor der Pathologie, Therapie und der medicinischen Klinik, Director des allgemeinen Krankenhauses und Vorstand des Obermedicinal-Ausschusses. 1870 trat er in den Ruhestand.

Die wissenschaftlichen Publicationen des Verlebten sind mehrfach angegriffen und geistreich von ihm vertheidigt worden. Ueberall ging er mit dem Muthe vor, welchen das Bewusstsein eines ernsten und gewissenhaften Strebens gewährt. Sein Hauptwerk ist das „System der Medicin" ein Handbuch der allgemeinen und speciellen Pathologie und Therapie. (1842). — Von seinen Reden sind hervorzu-

heben die Rede „Ueber die Würde der Wissenschaft". 1826. „Ueber die wissenschaftliche Seite der ärztlichen Kunst". 1830. „Ueber den revolutionären Geist der deutschen Universitäten". 1833. „Ueber die Nothwendigkeit der Autorität in den höchsten Gebieten der Wissenschaft". 1856.

Dr. Ludwig von Buhl.

Geb. 1816 am 4. Januar zu München.
Gest. 1880 am 30. Juli ebenda.

Buhl machte seine Studien in München, Wien und Paris, wurde 1847 Docent, 1850 ausserordentlicher und 1859 ordentlicher Professor der allgemeinen Pathologie und pathologischen Anatomie an der Universität zu München und Conservator des pathologischen Instituts. Buhl hat eine Reihe von Untersuchungen publicirt: Ueber die epidemische Cholera, über den Typhus und die Schwankungen des Wassergehalts des Gehirns, über Tuberkulose, über das Kindbettfieber und die von den kranken Müttern auf die Neugeborenen übertragene analoge Krankheit, über Leberatrophie, über Pyämie und viele andere. Sie sind verzeichnet im Almanach der Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1875. Im Jahr 1863 hielt er eine Akademische Festrede „Ueber Stellung und Bedeutung der pathologischen Anatomie" und 1875 eine Rede zur Eröffnungsfeier des pathologischen Instituts. —

Buhl's Verdienste um die Wissenschaft haben allgegemeine Anerkennung gefunden und er wurde durch Verleihung mehrerer Orden und durch Diplome Gelehrter Gesellschaften ausgezeichnet.

Dr. William Sharpey.

Geb. 1802 am 1. April zu Abroath in Forfarshire in Schottland.
Gest. 1880 am 11. April in London.

Sharpey begann seine allgemeinen und medicinischen Studien an der Universität zu Edinburg und an der extra academical shool daselbst. Seine ersten Lehrer waren Dr. John Barclay in der Anatomie und Dr. John Murray in der Chemie. 1821 erhielt er das Diplom des Edinburger Aerzte-Collegs. Er studirte weiter in Paris und practicirte unter Andern bei dem berühmten Dupuytren. 1823 erhielt er den Doctorgrad der Medicin zu Edinburg. Er unternahm dann verschiedene Reisen, zum Theil zu Fuss wandernd, in Frankreich und Italien, in der Schweiz, in Oesterreich und Norddeutschland und kam schliesslich nach Berlin, wo er sich ganz für das Studium der Anatomie entschied und mit Professor Rudolphi, seinem ausgezeichneten Lehrer zu verkehren das Glück hatte. Es begannen hier seine Arbeiten über die Anatomie des menschlichen Körpers, die ihn später vielfach beschäftigten und denen er mit Vorliebe zugethan war. Nach Edinburg zurückgekehrt hielt er mit dem Physiologen Dr. Allen Thomson eine systematische Reihe von Vorlesungen über Anatomie und wurde 1836 als Professor für diese Wissenschaft und für Physiologie an die Universität nach London berufen. Er hat mit Professor Richard Quain die fünfte Auflage von Dr. Jones Quain's „Elements of Anatomy" bearbeitet und viele Artikel anatomischen und physiologischen Inhalts in der berühmten Cyclopaedia of Anatomy and Physiology von Podd und in andern englischen Zeitschriften geliefert. — Er war Secretär der Royal Society. — Er war als Lehrer und Gelehrter hoch geachtet und seinen persönlichen Charakter betreffend sagt Allen Thomson von ihm „Er hatte keinen Feind und

konnte Alle zu seinen Freunden zählen, die je das Glück hatten, seine Bekanntschaft zu machen".

Dr. Christ. August Friedrich Peters.

Geb. 1806 am 7. September zu Hamburg.
Gest. 1880 am 8. Mai in Kiel.

Peters erhielt seine erste Anstellung im Jahre 1834 an der Sternwarte zu Hamburg und trat später als Observator bei der eben vollendeten russischen Haupt-Sternwarte in Pulkowa ein, welche er nach fünfjährigem Aufenthalt mit dem Titel eines Russischen Hofraths verliess, um seine Stelle als Professor der Astronomie an der Universität Königsberg (1851—1854) anzutreten, dann wurde er zum Director der Sternwarte in Altona ernannt. Seine hervorragendsten Arbeiten sind die „Bestimmung der Nutations-Constante (Numerus Constans Nutationis ex Ascensionibus Rectis Stellae polaris) und seine gekrönte Preisschrift „Bestimmung der Bahn des Kometen von 1585 aus Tycho's Original-Beobachtungen". Ausserdem hat derselbe sehr zahlreiche Aufsätze über die Elemente einzelner Kometen und Asteroiden, dann über die eigene Bewegung des Sirius und einiger anderer Hauptsterne in den Astronomischen Nachrichten veröffentlicht, wodurch er im Calcul wie in der Beobachtungskunst gleiche Gewandtheit bewiesen hat.

Peters war durch v. Lamont zum Correspondenten der Akademie vorgeschlagen worden. —

Dr. Carl Wilhelm Borchardt.

Geb. 1817 am 22. Februar zu Berlin.
Gest. 1880 am 27. Juni zu Rüdersdorf bei Berlin.

Borchardt war längere Zeit Lehrer an der Kriegsakademie in Berlin, dann Privatdocent und Professor an der

Universität und seit 1856 Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Er hat sich durch seine mathematischen Arbeiten namentlich im Gebiete der Allgebra in der Gelehrten Welt mit Auszeichnung hervorgethan und hat das von Crelle gegründete Journal für reine und angewandte Mathematik, die älteste der bestehenden mathematischen Zeitschriften, in den letzten Jahrzehnten mit grosser Umsicht und Sorgfalt redigirt. Es sind unter seiner Leitung 37 Bände davon erschienen.

Philipp Wilhelm Schimper.

Geb. 1808 am 12. Januar zu Dossenheim im Unterelsass.
Gest. 1880 am 20. März zu Strassburg.

Schimper war Botaniker, Geologe, Paläontolog und Zoologe und, wie der Schweizer-Geologe Desor von ihm sagt, gehörte er zu jener Klasse von Naturforschern, denen es noch gestattet war, neben grossen Specialkenntnissen einen Einblick in das ganze Gebiet der Naturforschung zu gewinnen. Der Gegenstand seiner ersten wissenschaftlichen Studien waren die Moose, ihre Entwicklung, ihr Vorkommen und ihre Verbreitung. So entstand, mit seinem Freunde Bruch herausgegeben, die Bryologia europaea und später seine Synopsis muscorum europaeorum. Um seine Kenntnisse in dieser Richtung zu erweitern, unternahm er weite Reisen und erforschte die Küsten und Berge Skandinaviens, die schweizerischen und österreichischen Alpen, den Jura und später Spanien und Südfrankreich. Bei seinen weiteren Studien der höheren Pflanzen war deren einstiges Vorkommen in den verschiedenen Gebirgsformationen anziehend für seine Forschungen und die Kenntniss der fossilen Flora in den Steinkohlenbildungen erweiterte er durch seine betreffenden Untersuchungen des bunten Sandsteins der Vogesen, denen er auch Untersuchungen im Uebergangsgebirg anschloss.

Seine mannigfaltigen Arbeiten in den Gebieten der fossilen Pflanzenreste gaben das Material zu seinem grossen Werk „Traité de Palaeontologie végétale ou la Flore du monde primitif", welches die fossile Botanik von den Schwämmen und Algen bis zu den Palmen und Laubhölzern umfasst. — Für die Zoologie hat er unter andern das Vorkommen einer besonderen Species des Steinbocks in Spanien constatirt und Exemplare davon dem Strassburger Museum einverleibt. — Auch an der Geologie nahm Schimper regen Antheil und gehörte zu den Förderern der Gletschertheorie. — Viele Belege seiner Forschungen enthält das Strassburger Museum, welches damit ein reiches wissenschaftliches Material gewann. Schimper hat dasselbe fortwährend vermehrt und wohlgeordnet zur Anschauung gebracht. Früher Conservator, wurde er im Jahre 1866 zum Director des gedachten Museums ernannt und erhielt die Professur der Geologie an der „Faculté des sciences". Die französische Akademie der Wissenschaften ernannte ihn zum correspondirenden Mitglied. Nach dem Jahre 1870 erhielt er die Professur der Paläontologie und Geologie an der neuen Strassburger Universität. — Schimper hat sich durch seinen geraden und wahrheitsliebenden Charakter die Anerkennung seiner Collegen und die Liebe seiner Zuhörer gewonnen, die er durch lebendigen Vortrag zu fesseln und für sein Fach empfänglich zu machen wusste. —

William Hallows Miller.

Geb. 1801 am 6. April zu Llandovery in Carmarthenshire.
Gest. 1880 am 20. Mai zu Cambridge.

Miller machte seine Studien zu Cambridge, und wurde daselbst an der Universität als Nachfolger Whewels 1832 zum Professor der Mineralogie ernannt. Er war Mitglied

der Philosophical Society und seit 1838 der Royal Society zu London.

Miller hat sich durch zahlreiche Arbeiten im Gebiete der Krystallographie, Krystalloptik und Mathematik einen hervorragenden Namen erworben. Sein Hauptwerk ist „A Treatise on Crystallography (1839), in's Deutsche übersetzt und erweitert von J. Grailich (Wien 1856). Er entwickelt darin die stereographische Methode der Kugelprojection, die sich vorzüglich eignet für Anwendung der sphärischen Trigonometrie zur Bestimmung der Neigungswinkel der Flächen einer Combination und zur Uebersicht ihres Zusammenhangs. Er hat in einer neuen Ausgabe der Elementary Introduction von W. Phillips zusammen mit H. J. Brooke ausführlich Gebrauch davon gemacht und in seinem für Studirende ausgearbeiteten Tract on Crystallography, welcher 1863 erschienen ist. — Er hat nach dem Vorgang Whewells eine eigenthümliche Art der Flächenbezeichnung vorgeschlagen, welche bei physikalischen Untersuchungen manche Vortheile gewährt und giebt statt der unmittelbaren Neigungswinkel die Winkel der Flächennormalen an. Ein Theil der Mineralogen und namentlich Physiker haben diese Methode angenommen, welche mathematische Berechnung unterstützt, das naturhistorische Bild eines Krystalls aber in seinen Winkeln unnöthig verschleiert. — Die Krystalloptik hat er mehrfach bereichert durch seine Untersuchungen über die Lage der optischen Axen im klinorhombischen System, über die optischen Verhältnisse der Krystalle des Salpeter, des Anhydrit, Turmalin, Dioptas, Anatas u. a. — Von vielen Mineralien und chemischen Producten hat er die Krystallisation bestimmt, so vom Endialyt, Rutil, Brookit und Arkansit, Chromoxyd, Zinkoxyd, Zinn, Silicium, Boron, Borsäure, von Salzen des Thalliums, Doppelsalzen der Sulphate von Zink und Natron, Magnesia und Natron etc. und von Hüttenproducten. —

Haidinger hat nach ihm dem Schwefelnickel (Haarkies) dessen Krystallisation er bestimmt hat, den Namen Millerit gegeben. —

Miller war ein feiner Beobachter und seine Arbeiten sind mit grosser Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt. — Er war seit 1861 Correspondirendes Mitglied unserer Akademie. —

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 11. Juni 1881.

Herr von Bischoff hält einen Vortrag:

„Ueber Brachycephalie und Brachyencephalie des Gorilla und der anderen Affen."

Herr Virchow hat in dem Monatsbericht der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften vom Juni 1880 pag. 516 eine mit Abbildungen begleitete Abhandlung: „Ueber den Schädel des jungen Gorilla" publicirt, welche sowohl nach ihrem descriptiven als analysirenden Inhalt als mustergiltig bezeichnet werden kann.

Ich würde desshalb in einigen wenig bedeutenden Abweichungen in dieser Beschreibung des jungen Gorilla-Schädels von der von mir vor 15 Jahren in den Abhandlungen unserer Akademie 1867 pag. 66 vorzüglich zu diagnostischen Zwecken gegebenen, keine Veranlassung zu einer Bemerkung über jene finden, wenn nicht Herr Virchow dabei eine Frage zur Sprache gebracht hätte, welche in der That ein grösseres Interesse besitzt, und auch von Herrn Virchow besonders hervorgehoben wird.

Es ist das die Frage nach der brachycephalen oder dolichocephalen Beschaffenheit des Schädels, und setze ich sogleich hinzu, des Gehirnes des Gorilla.

In meiner eben erwähnten Abhandlung hatte ich mich über die Brachycephalie oder Dolichocephalie des er-

wachsenen Gorilla-Schädels und des der Anthropoiden überhaupt, gar nicht ausgesprochen, weil es nicht leicht möglich ist, von ihren Schädeln einen Längendurchmesser zu nehmen, der irgend einen zweckdienlichen Vergleich mit dem Breitendurchmesser zulässt. Die Glabella, die Stelle zwischen den beiden Arcus supraciliares, welche gewöhnlich bei dem menschlichen Schädel vorne als Messpunkt für den Längendurchmesser benutzt wird, ist bei dem Gorilla und Chimpansé durch das Zusammenfliessen des enorm entwickelten Arcus supraciliares zu einer so starken Crista frontalis ausgebildet, welche wieder anderer Seits bei dem Orang ganz fehlt, dass es gar keinen Sinn haben würde, bei Jenen den Zirkel vorne an diese Crista frontalis anzusetzen. Eher würde es physiologisch richtig sein, die Stelle hinter dieser Crista, zwischen den beiden Tubera frontalia zu wählen, wenn nicht diese Tubera bei dem Schädel der erwachsenen Thiere ganz fehlten, und bei der abfallenden Beschaffenheit der Stirn derselben, überhaupt keine Sicherheit in der Wahl irgend einer Stelle gefunden werden könnte.

Dennoch erklärt man allgemein die Schädel der erwachsenen Anthropoiden für dolichocephal, und um dafür einen Zahlen-Ausdruck zu gewinnen, habe ich neuerdings zum Ansatzpunkte des Zirkels vorne den oberen Rand der Nasenbeine, hinten die Protuberantia occipitalis externa für den Längendurchmesser, und für den Breitendurchmesser die oberen Ränder der Schuppe der Schläfenbeine gewählt; Stellen, die wenigstens von allen Beobachtern leicht in gleicher und übereinstimmender Weise benutzt werden können.

Indem ich in dieser Weise verfuhr, fand ich an einem

	Längen-durchmess.	Breiten-durchmess.	Index cephalicus
Alten männl. Gorilla-Schädel .	162 mm	115 mm	77,1
„ weibl. „ „ .	146 „	115 „	78,7

Alten	männl. Chimpansé-Schädel	136 mm	95 mm	70,0
„	ditto „ „	138 „	100 „	72,5
„	weibl. „ „	136 „	96 „	70,6
„	männl. Orang-Schädel .	128 „	115 „	89,8
„	weibl. „ „ .	120 „	95 „	80,0

Gehen wir von dem Uebereinkommen aus, dass Schädel, deren Index cephalicus, d. h. die procentige Verhältnisszahl zwischen Längen- und Breitendurchmesser, unter 78,0 ist, als dolichocephale, und solche über 79,0 als brachycephale zu bezeichnen sind, so würde man sagen müssen, dass die erwachsenen Gorilla- und Chimpansé-Schädel dolichocephal, der Orang-Schädel brachycephal sind, der des Chimpansé am meisten dolichocephal.

In der erwähnten Abhandlung hatte ich dann weiter angegeben, dass bei jugendlichen Individuen der genannten drei Anthropoiden, bei denen die Milchzähne zwar schon alle vollkommen vorhanden sind, der erste bleibende Backenzahn aber noch nicht durchgebrochen ist, die Schädel des Gorilla und Chimpansé auch bereits dolichocephal, der des Orang aber brachycephal seien. In die für diese Angabe aufgeführten Zahlen hat sich für den Chimpansé ein leider damals von mir nicht bemerkter Druckfehler eingeschlichen, indem ich den Längen- und Breitendurchmesser gleich gross, zu 90 mm, angab, was jedenfalls unrichtig ist. Ich kann diesen Fehler jetzt nicht mit Sicherheit corrigiren, weil der betreffende Schädel nicht mehr in meinen Händen, sondern in Lübeck ist. Nach der von diesem Schädel in meiner Abhandlung in natürlicher Grösse gegebenen photographischen Abbildung, würde er einen Längendurchmesser von 120 mm, einen Querdurchmesser von 90 mm besitzen.

Es steht mir jetzt nur noch ein Abguss desselben jungen Gorilla-Schädels zu Gebote, den ich damals untersuchte und abbildete, gleichfalls aus Lübeck; dann der Abguss eines

etwas älteren Chimpansé-Schädels, nämlich des bekannten Vrolickschen aus Amsterdam, und endlich der natürliche junge Orang-Schädel, den ich auch damals benutzte. Eine erneute Messung aller drei ergab nun für den jungen Gorilla auch jetzt für den Index cephalicus $\frac{98 \times 100}{123} = 79{,}6$; für den Amsterdamer Chimpansé $\frac{90 \times 100}{119} = 75{,}6$; für den Orang $\frac{91 \times 100}{91} = 100$ wonach also dieser junge Chimpansé-Schädel entschieden dolichocephal, der junge Orang entschieden brachycephal, dieser junge Gorilla-Schädel an an der Gränze zwischen brachycephal und dolichocephal sein würde.

Herr Virchow fand nun bei einem aus dem Dresdener naturhistorischen Museum stammenden, noch sehr jungen Gorilla-Schädel, bei welchem von den Milchzähnen erst die Schneidezähne zum Durchbruch gekommen waren, den Index cephalicus $= 80{,}5$; und bei einem älteren Berliner Schädel, welcher bereits alle Milchzähne besass, diesen Index cephalicus $= 80{,}1$ und konnte also mit Recht sagen, dass diese jungen Gorilla-Schädel beide brachycephal seien.

Nach der oben gegebenen Berechnung des Index cephalicus des von mir gemessenen jungen Gorilla-Schädel, habe ich keinen Grund gegen diese von Herrn Virchow nachgewiesene brachycephale Beschaffenheit junger Gorilla-Schädel überhaupt einen Widerspruch zu erheben. Allein ich vermag auf dieselbe keinen so grossen Werth zu legen, weil dieselbe einmal doch nur der Ausdruck seiner Jugend, und zweitens in Beziehung auf die anderen Anthropoiden doch nur eine relative ist. Es ist ja längst bekannt, dass der Schädel dieser Thiere um so menschenähnlicher ist, je jünger sie sind. Je älter alle drei werden, um so mehr verschwindet die brachycephale Beschaffenheit ihrer Schädel und wird

eine dolichocephale, die, wenn wir die oben gegebenen Messungen der erwachsenen Schädel als massgebend annehmen, allerdings bei dem Chimpansé noch grösser, als bei dem Gorilla, und bei beiden grösser als beim Orang ist.

Ich zweifle indessen nicht, dass Herr Virchow darin mit mir übereinstimmen wird, dass es bei diesen Schädelmessungen, in physiologischer und psychologischer Beziehung, mehr auf das Gehirn als auf den Schädel selbst ankommt. Ich habe schon früher die Maasse von dem Gehirn eines jungen Orang (Sitzungsberichte der mathem.-phys. Classe der bayer. Akademie d. Wissenschaften 1876. p. 194; und von dem Gehirn eines jungen Gorilla (Ebendas. 1877. p. 99) und an letzterer Stelle auch die Maasse der Schädelausgüsse eines erwachsenen Gorilla, Chimpansé und Orang angegeben. Ich glaubte danach, dass auch das Gehirn des erwachsenen Gorilla dolichoencephal sei. Allein es muss damals ein Irrthum, vielleicht eine Verwechselung der Ausgüsse stattgefunden haben. Ich habe desshalb diese Messungen an Schädelabgüssen aller drei erwachsenen Anthropoiden nochmals angestellt. Es besitzt danach der Schädelausguss eines

		Längen-durchmesser	Breiten-durchmesser	Längen-Breite Index
Erwachs.	♂ Gorilla . . .	113 mm	92 mm	81,4 mm
„	ditto . . .	110 „	92 „	83,6 „
„	♀ Gorilla . . .	112 „	93 „	83,0 „
„	♂ Chimpansé . .	110 „	92 „	83,6 „
„	♀ Chimpansé . .	109 „	89 „	81,6 „
„	ditto . .	115 „	96 „	83,4 „
„	♂ Orang . . .	102 „	91 „	89,2 „
„	ditto . . .	99 „	89 „	90,0 „
„	Hylobetes variegatus	70 „	57 „	81,4 „
„	„ syndactylus	80 „	65 „	81,2 „
„	„ ♀ leuciscus	65 „	55 „	84,6 „

Die Gehirne aller dieser erwachsenen Anthropoiden sind also brachyencephal, am Meisten das Gehirn des Orang; Gorilla, Chimpansé und Hylobates sind wenig von einander verschieden.

Neuerdings ist die hiesige anatomische Anstalt in den Besitz dreier ziemlich gleichalteriger junger Anthropoiden gelangt, bei welchen alle Milchzähne entwickelt, bei dem Chimpansé auch bereits im Oberkiefer linker Seits der erste bleibende Backzahn zum Vorscheine gekommen ist. Der Gorilla ist jedenfalls der jüngste der drei. Die Schädelausgüsse derselben ergeben folgende Maasse:

	Längen-durchmesser	Quer-durchmesser	Längen-breiten Index
Junger Gorilla	110 mm	88 mm	80,0
„ Chimpansé . . .	110 „	91 „	82,7
„ Orang	98 „	85 „	86,7

Das Resultat ist also dasselbe; alle drei Gehirne sind brachyencephal, das des Orang am Meisten.

Um die geringen Formverschiedenheiten anschaulich zu machen, welche diese drei Gehirne darbieten, gebe ich von den Schädelausgüssen drei mit dem Lucae-Spengelschen Apparat gewonnene geometrische, horizontale und senkrechte Durchschnitts-Zeichnungen, die mit ihren Mittelpunkten übereinander gelegt sind.

Ich hätte gerne auch über die Höhe der Gehirne eine Angabe gemacht; allein bei der Unebenheit der Basis der Ausgüsse ergaben solche Messungen ein zu unsicheres Resultat. Die Höhe betrug bei allen dreien ohngefähr 70 mm, so dass der Längen-Höhen-Index beim Gorilla und Chimpansé etwa 63,6 beim Orang 70,7 sein würde.

Es schien mir von Interesse diese bei den Anthropoiden gewonnenen Resultate über Brachycephalie und Brachyencephalie, auch auf die Schädel und Schädelausgüsse anderer

Affen auszudehnen, und habe ich zu diesem Zweck zunächst nachfolgende Schädel gemessen. Es besass der Schädel:

	Längen-durchmesser	Breiten-durchmesser	Index cephalicus
Eines Cynocephales Maimon .	123 mm	65 mm	52,8
„ „ Sphinx .	120 „	70 „	58,3
„ „ ditto .	127 „	70 „	51,2
„ ditto ? .	130 „	75 „	57,6
„ „ Hamadryas .	140 „	78 „	55,6
„ Macacus cynomolgus .	95 „	55 „	57,9
„ ditto .	91 „	51 „	56,0
„ Jnnuus Jova	81 „	53 „	50,4
„ Jnnuus (?)	81 „	52 „	67,1

Diese Schädel sind also sämmtlich bedeutend dolichocephal weit mehr als die aller Anthropoiden.

Die Schädelausgüsse, welche ich gemessen, sind meistens nicht von denselben Schädeln. Ich habe dieselben früher von anderen Schädeln, entweder frischen oder trockenen, entnehmen lassen, und sodann wurden die Windungen entweder nach der Natur, oder nach Zeichnungen von Tiedemann oder Gratiolet darauf modellirt. Dabei kann es geschehen sein, dass der Modelleur Etwas von dem Ausguss, besonders in dem Breitendurchmesser abgetragen hat.

Die Maasse dieser Schädelausgüsse betragen:

Schädelausguss	Längen-durchmesser	Breiten-durchmesser	Index cephalicus
Von Macacus nemestr. . .	66 mm	54 mm	81,8
„ „ cynomolg. .	61 „	46 „	75,4
„ Cebus apella	60 „	46 „	76,6
„ „ capucinus . .	57 „	46 „	80,7
„ Ateles Belzebu. . . .	73 „	56 „	76,7
„ Mycetes caraya . . .	59 „	45 „	76,2

Von Chrysothrix sciurca .	47 mm	33 mm	70,2
„ Jachus rufimanus . .	40 „	35 „	87,5
„ Hapale midas . . .	34 „	25 „	73,5
„ Stenops gracilis . .	28 „	23 „	82,1
„ Stenops turdigradus .	29 „	25 „	86,2
„ Lemur catta	40 „	30 „	75,0
„ Otolicnus crassicaudatus	35 „	25 „	71,4

In dieser Reihe ist die Mehrzahl der Gehirne (8) dolichoencephal, die Minderheit (5) brachyencephal, und wenn wir die drei Anthropoiden-Gehirne hinzunehmen, würden die Zahlen gleich sein. Allein die Zahlen sind hier zufällig und überhaupt zu gering, um einen Schluss aus demselben zu ziehen. Man sieht nur daraus, dass auch bei den dolichoencephalen Gehirnen der Längen-Breiten-Index bedeutend grösser ist, als bei den Schädeln.

Mehr begründet und bedeutend ist wohl das Resultat, dass die Brachyencephalie bei den Affen mit ihrer höheren Stellung zuzunehmen scheint, obgleich Stenops auch da eine bedeutende Ausnahme macht. Ich glaube nicht, dass man daraus folgern kann, dass wenn die Brachyencephalie bei den Affen die höhere Form ist, dieselbe bei dem Menschen die niederere sei. Vielmehr scheint es mir, dass man bei Affen und Menschen zwei, nicht miteinander in Beziehung stehende Typen unterscheiden muss, von welchen die Brachyencephalie sowohl bei Affen als Menschen die höher, die Dolichoencephalie die niedriger entwickelte Stufe bezeichnet. Dass dieses für die verschiedenen Menschenracen im Allgemeinen der Fall ist, ist eine bekannte Thatsache. Allein wie innerhalb der einzelnen Racen der Werth der beiden verschiedenen Formen zu taxiren sei, wird wohl erst aus der gleichzeitigen Berücksichtigung der dritten Dimension des Gehirns, seiner Höhe, und aus der Kenntniss der physiologischen und psychologischen Bedeutung der einzelnen Hirntheile hervorgehen.

In Beziehung auf andere Verschiedenheiten zwischen der Beschreibung des jungen Gorilla-Schädels durch Herrn Virchow und der meinigen will ich nur noch das Verhalten des Nasenfortsatzes des Zwischenkiefers erwähnen.

Professor Turner in Edinburgh hatte angegeben, dass sich beim Gorilla das obere Ende des aufsteigenden Astes des Zwischenkiefers in Form einer dreieckigen Platte, zwischen den Oberkiefer und das Nasenbein lege, und darin eine Aehnlichkeit mit den Cynocephalen, Semnopitheken und Cercopitheken zeige, während bei dem Chimpansé dieser Ast nur die Nasenbeine berühre, ohne sich zwischen dieselben und die Oberkiefer zu drängen. Ich hatte dieser Angabe widersprochen, insoferne bei dem einen der von mir untersuchten Gorilla-Schädel mit doppeltem Nasenbein, der genannte Fortsatz des Zwischenkiefers die Nasenbeine nur eben berühre, genau so wie bei dem Orang und Chimpansé, bei dem zweiten zwar wohl das obere Ende des Fortsatzes eine kleine dreieckige Platte bilde, die sich zwischen Oberkiefer und Nasenbein einschiebe, aber nicht entfernt so weit zwischen beiden in die Höhe ziehe, wie bei Cynocephalus etc.

Herr Virchow nun ist in dieser Frage Herrn Turner beigetreten, indem bei dem von ihm untersuchten Dresdener Schädel sich ein 6 mm hohes, freilich sehr schmales Stück des Nasenfortsatzes des Zwischenkiefers zwischen Nasenbein und Oberkiefer einschiebe, bei dem grösseren Berliner Exemplar aber dieser Fortsatz ungemein breit und kräftig sei, und in dem Niveau des unteren Randes des Nasenbeines eine Breite von 8 mm, und von demselben Niveau an, eine Höhe von 9 mm besitze, bei letzterem überhaupt nach unten zur Seite der Nasenöffnung sich in allmälich abnehmenderer, aber noch immer recht beträchtlicher Breite fortsetze, so dass er in seiner breitesten Partie eine Höhe

von 17 mm besitze. Grössere Fortsätze sieht Herr Virchow auch bei Cynocephalus und Jnnuus nicht.

Ich kann natürlich die Richtigkeit dieser Angaben nicht bezweifeln, und die Fig. 1 bei Herrn Virchow zeigt auch einen, wenn gleich schmalen Fortsatz, wie er an den von mir beobachteten Schädeln sich nicht fand; noch weniger aber passt die Beschreibung des Berliner Schädels auf irgend einen der von mir gesehenen. Ich kann von diesen nur wiederholt versichern, dass sie sich so verhalten, wie ich angegeben und abgebildet habe; auch sind bei denselben die Nasenbeine keineswegs verletzt oder nicht ganz ausgebildet, wie Herr Virchow vermuthet. Bei dem jungen Gorilla-Schädel mit doppeltem Nasenbein, kann von dem betreffenden Fortsatze des Zwischenkiefers gar nicht die Rede sein; er setzt sich einfach an den Winkel zwischen Nasenbein und Oberkiefer mit Nathzacken an, wie beim Chimpansé und Orang. Bei dem zweiten Schädel mit einfachem Nasenbein bildet aber, wie bei dem Berliner Schädel, der untere Theil des Nasenbeins eine fünfeckige Platte und verbindet sich mit dem Oberkiefer so, dass zwischen beiden ein kleines gleichseitiges Dreieck bleibt, dessen Seiten aber nur 5 mm lang sind. In dieses Dreieck setzt sich das obere Ende des Nasenfortsatzes des Zwischenkiefers und füllt dasselbe aus. Ganz genau ebenso verhält sich die Sache bei dem neuerdings in Besitz der hiesigen anatomischen Anstalt gelangten jungen Gorilla, dessen einfaches Nasenbein ausserdem noch eine schwache Spur seiner Zusammensetzung aus zwei Hälften trägt.

Bei einer erneuert vorgenommenen Revision von 12 Affenschädeln der hiesigen zoologischen Sammlung finde ich, dass bei dem Hylobates leuciscus der aufsteigende Fortsatz des Zwischenkiefers das Nasenbein nicht erreicht. Bei einem Gelada-Schädel verhält sich der Nasenfortsatz des Gaumenbeins wie beim Chimpansé und Orang und meinem

Gorilla mit doppeltem Nasenbein; er reicht nur eben bis zum Nasenbein. Bei einem Jnnuus pileatus verhält sich die Sache wie bei meinem Gorilla mit einfachem Nasenbein. Bei den übrigen ist dieser Fortsatz ansehnlich weit zwischen Nasenbein und Oberkiefer eingeschoben, und damit man den Unterschied zwischen diesem Verhalten und dem bei dem Gorilla mit einfachem Nasenbein richtig würdigen kann, gebe ich ausser dem absoluten Maasse dieses Fortsatzes hier nochmals den Längen- und Breiten-Durchmesser der oben schon erwähnten Schädel in Millimeter:

	Längen-durchmesser	Breiten-durchmesser	Höhe des Fortsatzes des Gaumenbeins
Junger Gorilla . . .	123 mm	98 mm	5 mm
Papio ?	130 „	75 „	9 „
Cynocephalus Maimon .	123 „	65 „	13 „
Cynocephalus Sphinx .	120 „	70 „	7 „
Ditto .	127 „	70 „	10 „
Cynocephal. hamadryas	140 „	78 „	8 „
Macacus cynomolgus .	95 „	55 „	6 „
Macacus cynomolgus .	91 „	51 „	10 „
Jnnuus Jova	105 „	53 „	8 „
Jnnuus ?	81 „	52 „	6 „

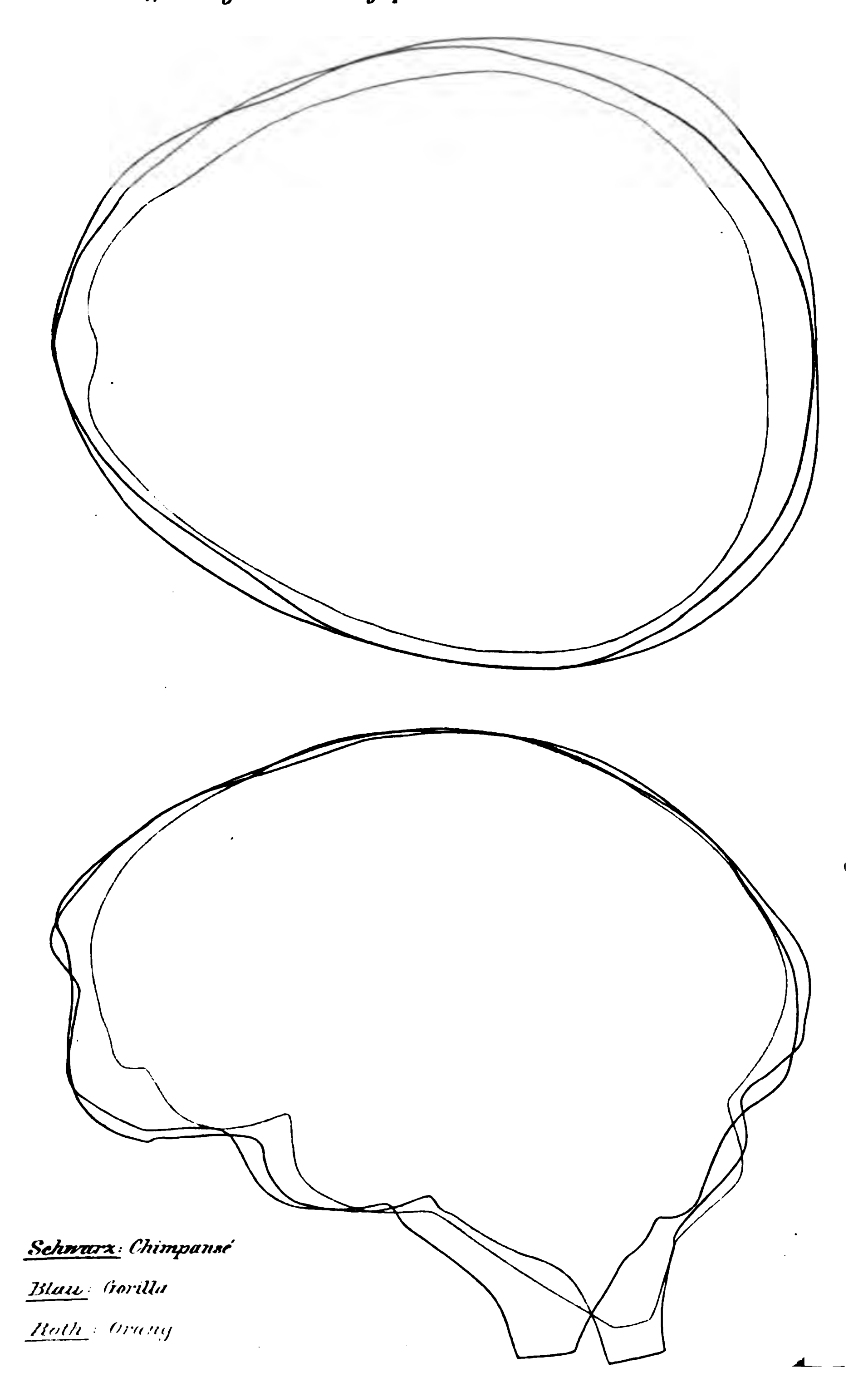
Ich glaube hienach bei meiner früheren Aussage stehen bleiben zu können, dass sich der Nasenfortsatz des Zwischenkiefers bei den von mir untersuchten jungen Gorilla-Schädeln nicht wie bei anderen Affen, namentlich Cynocephalus Maimon und den meisten Jnnuus, sondern wie bei Orang und Chimpansé verhält, und daher nicht als diagnostisches Unterscheidungsmerkmal zwischen Gorilla einer Seits, und Chimpansé und Orang anderer Seits benutzt werden kann. Daneben aber stelle ich nicht in Abrede, dass sich in Beziehung auf diesen Fortsatz individuelle Verschiedenheiten bei dem Gorilla finden können, wodurch aber die Unbrauch-

barkeit dieses Verhaltens als diagnostisches Kennzeichen nicht aufgehoben wird.

Ganz ebenso verhält es sich vielleicht mit der Gestalt des vorderen Randes der Orbita, welche ich schon beim jungen Gorilla als rundlich viereckig angab, während derselbe bei dem Chimpansé und Orang mehr oval und längsoval sei. Herr Virchow kann obige Bezeichnung bei dem Dresdener Gorilla nicht für passend erachten. Der Rand der Orbita sei bei demselben durchweg gerundet und eine Ecke oben und innen nur angedeutet. Die Höhe, 26 mm, sei grösser als die Breite, 25 mm, der Orbital-Index betrage 104 und der kindliche Gorilla-Schädel sei also hypsikonch. Während ich letzterer Angabe für meinen älteren Gorilla-Schädel beitreten kann, denn seine Orbital-Oeffnung ist 33 mm breit und 31 mm hoch, also der Index = 106.4, muss ich bei der Bezeichnung: rundlich viereckig: bleiben, weil nicht nur der obere innere Rand, sondern alle vier eckig ausgebuchtet erscheinen. Der Orbitalrand des anderen Gorilla hat einen Index von 100, ist aber auch nicht vollkommen rund. Ich beharre aber desswegen auf dieser Bezeichnung, weil sie einen differential diagnostischen Werth für den jungen Gorilla-Schädel von dem des Chimpansé und Orang hat, bei welchen die Orbitalränder entschieden oval und längsoval sind. Denn bei jenen hat er bei einem Exemplar einen Index von 116.6, bei einem andern sogar von 130; und bei dem Orang einen solchen von 124. Aus den Mittheilungen des Herrn Virchow geht allerdings hervor, dass in noch grösserer Jugend die Orbital-Oeffnung auch des Gorilla noch rundlicher und daher menschenähnlicher ist.

---

zu Herrn v. Bischoff's Vortrag über die Brachycephalie des Gorilla.





Herr v. **Nägeli** legt eine Abhandlung vor:

„**Ueber das Wachsthum der Stärkekörner durch Intussusception**".

In Nr. 12 der botanischen Zeitung vom Jahr 1881 ist von Hr. A. F. W. Schimper ein Angriff auf die Lehre, dass die Stärkekörner durch Intussusception wachsen, gemacht und dieselbe nach seiner Meinung auch vollständig widerlegt worden. Obgleich ich als Urheber der vermeintlichen Irrlehre zunächst bei der Sache betheiligt scheine, so würde ich, meiner Gewohnheit treu bleibend, mich nicht zu einer Gegenäusserung veranlasst gesehen haben, wenn nicht Anfragen und Aufforderungen und zwar von sehr achtbaren Seiten mich dazu veranlasst hätten, mit dem Hinweise darauf, wie wichtig die allgemeine Theorie des Wachsthums organisirter Gebilde für viele andere Forschungen sei, und dass der Versuch zur Wiederherstellung der alten Appositionstheorie ziemliches Aufsehen errege.

Zunächst darf ich wohl eine Bemerkung über meine eben erwähnte Gewohnheit machen; sie wird zugleich als passende Einleitung zu der Gegenkritik dienen. Die Botanik ist noch weit davon entfernt, eine exacte Wissenschaft zu sein; einige Disciplinen, die der experimentellen Behandlung fähig sind, machen zwar eine vortheilhafte Ausnahme. Im Uebrigen aber hält man es für zulässig, namentlich die Physiologie in der Art zu behandeln, dass man unmittelbar aus morphologischen Beobachtungen Schlüsse zieht, ohne

die physiologischen Grundlagen, auf denen sie aufgebaut werden sollten, zu berücksichtigen, oft selbst ohne diese Grundlagen überhaupt zu kennen.

In Folge dessen können wir die Veröffentlichungen in der periodischen botanischen Presse, wozu namentlich auch die vielen Vereinsschriften gehören, in zwei Kategorien theilen. Unter der Unzahl von Artikeln sind es eigentlich nicht sehr viele, die die Wissenschaft wirklich fördern. Die anderen enthalten theils unkritische Meinungen von sehr relativem Werth, theils Beobachtungsthatsachen und Thatsächelchen, die jeder, der darauf ausgeht, in Hülle und Fülle auffinden kann, und die, weil mit dem bisherigen Wissen nicht in gehörige Beziehung gebracht, ebenfalls nur einen sehr relativen Werth besitzen. Ich halte nun die zweite Kategorie von Publikationen nicht für unnütz; sind dieselben im Allgemeinen auch dilettantenhaft, so bekunden und unterhalten sie doch die Theilnahme an wissenschaftlichen Dingen in weiteren Kreisen. Aber sie verbreiten fast ebenso viel Irrthum als Wahrheit und dienen jedenfalls nicht dazu, das Ansehen der Wissenschaft zu erhöhen.

Ein unbestrittenes Ansehen wird die Botanik erst gewinnen, wenn das Bewusstsein allgemeiner wird, dass eine Meinung oder eine Theorie nur dann Anspruch auf Berechtigung machen kann, wenn sie allen bekannten Thatsachen genügt, und dass sie durch eine einzige widersprechende Thatsache, wenn dieselbe auch weit abliegt und möglicher Weise einer anderen Wissenschaft angehört, als zweifelhaft oder unrichtig hingestellt wird, — dass ferner eine Beobachtungsthatsache ihren wissenschaftlichen Werth erst durch die logische Verknüpfung mit allen anderen Thatsachen und Gesetzen erlangt, und dass sie ohne diese Verknüpfung als sogenanntes „schätzbares Material für spätere Forscher" so gut als werthlos ist, weil gewöhnlich nur diejenige Beobachtungsthatsache sich als wissenschaftlich brauchbar er-

weist, welche mit bestimmten theoretischen Vorstellungen gewonnen, mit Rücksicht auf dieselben und das ganze bisherige Wissen controlirt und wo möglich mit passenden Versuchen verglichen wird.

Ein unbestrittenes Ansehen wird sich also unsere Wissenschaft erst erringen, wenn wenigstens die ernsthafteren Vertreter derselben sich entschliessen, das Beispiel der Physiker nachzuahmen und sowohl in den morphologischen Dingen als in allen Gebieten der Physiologie eine streng kritische und exacte Methode zu befolgen, — und wenn ferner ein angesehenes Organ sich die Aufgabe stellt, nicht nur die morphologischen, sondern auch die physiologischen Artikel einer strengen Prüfung zu unterwerfen und ungenaue Arbeiten entweder zurückzuweisen oder doch auf die hauptsächlichsten Irrthümer derselben hinzudeuten. Ein solches Organ, das überdem es unternimmt, stets alle wirklichen Errungenschaften auf dem exacten Felde der Wissenschaft zusammenzufassen und die verfehlten Versuche entweder ausdrücklich oder stillschweigend zu beseitigen, macht sich immer mehr als ein wirkliches Bedürfniss fühlbar und wird früher oder später in irgend einer Form gewiss auch ins Leben treten. Dasselbe wird besonders für die Verbreitung wissenschaftlicher Wahrheit in weiteren Kreisen und Bewahrung vor Irrthümern sehr wohlthätig wirken, da jetzt in dem Widerstreite berechtigter und unberechtigter Meinungen nur der Eingeweihte ein Urtheil hat.

Für den Fortschritt der Pflanzenphysiologie als interne Wissenschaft sind allerdings unkritische Meinungen und unexacte Arbeiten unschädlich. Denn derjenige, der berufen ist, die Wissenschaft um einen Schritt vorwärts zu bringen, wird immer wieder an die lauteren Quellen gehen und auf den feststehenden Grundlagen weiter bauen. Dies ist der Grund, warum ich, wie noch mancher Forscher, gewöhnlich irrthümliche Behauptungen, auch wenn

sie gegen meine Arbeiten gerichtet sind, unbeantwortet lasse. Sie verfallen mit der Zeit von selbst der Vergessenheit.

Das Gebiet der Physiologie, in welchem am meisten gegen die strengen Forderungen der Wissenschaft gesündigt wird, ist die Molekularphysiologie. Auf diesem Gebiet hält man ziemlich allgemein jede Meinung für erlaubt, ohne lange zu fragen, ob sich dieselbe mit den chemischen, physikalischen und mechanischen Gesetzen vertrage oder nicht. Ein solches unkritisches Verfahren muss auch dem angeführten Schimper'schen Aufsatz vorgeworfen werden. Demselben giengen morphologische Beobachtungen voraus,[1]) welche sehr werthvolle neue Thatsachen zu Tage förderten, und durch welche sich der Verfasser dann zu einer neuen Theorie des Wachsthums berechtigt glaubte. Die Beziehungen zwischen den neuen morphologischen Beobachtungen und der neuen physiologischen Theorie sind aber nicht etwa derart, dass jene unmittelbar auf diese hinweisen würden. Dagegen wäre allerdings Veranlassung zu der Erwägung geboten gewesen, ob die Lehre von dem Wachsthum durch Intussusception irgend einer Modification, einer Erweiterung oder Beschränkung bedürftig geworden sei.

Der Verfasser geht aber viel energischer in's Zeug; aus der Beobachtung, dass den excentrisch gebauten Stärkekörnern auf der Seite der grössten Wachsthumszunahme ein Plasmakörper aufgesetzt ist, und aus der ferneren Beobachtung, dass auf alten corrodirten Körnern neue geschichtete Stärkemassen auftreten, entnimmt er den vollgültigen Beweis, dass das Wachsthum durch Auflagerung an der Oberfläche geschehe, — so dass bloss noch die Aufgabe bestehe, den Vorgang dieses Wachsthums zu erklären.

---

1) Untersuchungen über die Entstehung der Stärkekörner. Bot. Zeit. 1880.

Ein solches Verfahren ist charakteristisch für die Kurzsichtigkeit ausschliesslicher morphologischer Anschauung, welche stets die nächstliegende physiologische Möglichkeit für erwiesene Nothwendigkeit hält. Es muss doch einer besonnenen Logik klar werden, dass das Aufsitzen eines Plasmakörpers an einer bestimmten Stelle bloss über die Richtung des Wachsthums, nicht aber über die Art und Weise desselben entscheidet, und dass, wenn anderweitige Thatsachen und Erwägungen die Intussusception verlangen, aus der Beobachtung des Verfassers über das Weiterwachsen corrodirter Körner bloss zu folgern ist, es könne unter bestimmten Umständen das Intussusceptionswachsthum, statt in der früheren Weise sich fortzusetzen, in neuer Form beginnen, wie dies bei der Membranbildung als Ausnahmsfall schon lange angenommen werden muss. Diese zwei Folgerungen sind, wie mir scheint, so selbstverständlich, dass es überflüssig ist, sie näher zu begründen. Ich werde übrigens später hierauf zurückkommen.

Die Frage, ob die Stärkekörner durch Auflagerung oder durch Einlagerung wachsen, muss also nach wie vor durch die unbestreitbaren Thatsachen entschieden werden, dass in dem anfänglich dichten Korn ein weicher Kern und späterhin in den auf eine gewisse Mächtigkeit angewachsenen dichten Schichten je eine weiche Schicht eingeschaltet wird. Diese Thatsachen waren für mich seiner Zeit die Grundlage der Intussusceptionstheorie, durch die sie auch vollständig erklärt werden. Dieselben gelten auch dem Verfasser als unbestritten; er versucht aber das Unmögliche, indem er sie aus der Apposition ableiten will. Die Streitfrage reduzirt sich also auf eine mechanisch-physiologische Aufgabe, — und der zweite Aufsatz des Verfassers beschäftigt sich denn auch vorzugsweise mit diesem molekular-mechanischen Problem.

Um eine bestimmte mechanische Aufgabe zu lösen, muss man die Lage der Körper und die Kräfte, die auf sie einwirken, kennen. Beim Wachsthum der Stärkekörner treten Lageveränderungen von Substanztheilchen und Wassermolekülen ein; man muss also eine bestimmte Vorstellung von der sich bildenden Anordnung der Substanz und des Wassers, sowie von den zwischen beiden bestehenden Kräften haben. Ohne eine solche Vorstellung kann von einem mechanischen Problem überhaupt nicht die Rede sein.

Was meine Theorie der Intussusception betrifft, so nahm ich an, dass das Stärkekorn aus unsichtbar kleinen Theilchen (jetzt Micelle genannt) bestehe, die von krystallinischer Beschaffenheit sind und wie Krystalle wachsen, und die im imbibirten Zustande an der ganzen Oberfläche sich mit Wasser benetzen, indem sie bis auf eine geringe Entfernung eine grössere Anziehung zu Wasser, darüber hinaus aber eine grössere Anziehung zu Substanz geltend machen. Diese Annahmen waren nicht willkürlich gewählt, sondern durch bestimmte Thatsachen dargeboten, und aus ihnen ergaben sich folgerichtig die verschiedenen Eigenschaften organisirter Substanzen, sowie auch das Wachsthum durch Intussusception und die Mechanik desselben bei den Stärkekörnern.

Was die neue Theorie der Apposition betrifft, so äussert sich der Verfasser über die Grundlagen seiner mechanischen Betrachtungen gar nicht, — und es ist mir selbst zweifelhaft, ob er über dieselben überhaupt eine bestimmte Ansicht habe. Da er den ganzen mechanischen Theil seiner Theorie meiner Schrift über die Stärkekörner entlehnt, so erhielt ich durch den ersten Theil des Aufsatzes die Meinung, dass er von der Micellartheorie ausgehe, denn die mechanische Ausführung gilt nur für micellösen Aufbau und hat für eine andere Beschaffenheit der Substanz keinen vernünftigen Sinn. Aber diese Meinung

wurde durch später folgende Bemerkungen wieder wankend. Die Terminologie giebt keinen Aufschluss, indem die nächsten Bestandtheile der Stärkekörner und somit die Elemente der mechanischen Betrachtung mit dem Namen „Moleküle" bezeichnet werden, ein Ausdruck, der offenbar aus meiner Schrift über die Stärkekörner mit herüber gekommen ist.

Die Moleküle oder Molekeln waren vor mehr als 20 Jahren, als ich über die Stärkekörner schrieb, nach dem Sprachgebrauch der Physiologen die Theilchen der organisirten Körper und identisch mit den jetzigen Micellen. Erst später hat die Chemie die Benennung Moleküle für die früheren „zusammengesetzten Atome" angenommen, wodurch der Sprachgebrauch der Physiologen unhaltbar wurde. Wenn der Physiologe jetzt von Stärkemolekülen spricht, so versteht er darunter die Moleküle der Chemie; und die grosse Mehrzahl der Leser dürfte mit den „Molekülen" des Verfassers den nämlichen Begriff verbunden haben.

Wenn also der Verfasser nicht die chemischen Moleküle meinte, so hätte er es zur Aufklärung des Lesers sagen sollen. Dass er aber die chemischen Moleküle nicht meinen konnte, geht unwiderleglich aus der mechanischen Ausführung hervor, denn diese passt nur für die M i c e l l e. Aus benetzten Stärkemolekülen der Chemie käme nicht einmal eine dichte Stärkesubstanz, wie sie alle Stärkekörner besitzen, zu Stande, sondern immer nur eine sehr wasserreiche Masse. — Somit muss ich die „Moleküle" des Verfassers für Micelle halten, wenigstens soweit es die mechanische Ausführung betrifft, und ich werde auch für die folgende Besprechung die Micellartheorie um so mehr als zu Recht bestehend betrachten, als sie die einzig mög-liche ist.

Gehen wir zu der mechanischen Theorie selbst über, so hat, wie schon gesagt, der Verfasser dieselbe unverändert meiner Abhandlung entnommen, bis auf diejenigen Entwickelungen, welche mit seiner Meinung über das Wachs-

thum sich nicht vereinen lassen. Diese erklärt er sämmtlich für unbestimmt, unklar, unverständlich, und da er vielleicht fühlt, dass ein solches Verfahren doch nicht ganz unbedenklich ist, so sagt er, es sei Sachs ebensowenig gelungen, dieselben zu verstehen, so dass dadurch meine Schreibweise wenigstens bezüglich jener Abhandlung in einem wenig vortheilhaften Lichte erscheint.

Gegen diese Ausstellung darf ich vielleicht pro domo bemerken, dass mir sonst nicht gerade Unklarheit vorgeworfen wird, und dass ich, ehe ich veröffentliche, mir die Mühe nehme, die betreffende Sache wo möglich von allen Seiten anzusehen und darüber vollkommen ins Reine zu kommen. Ferner, dass Sachs nur bei einem ganz speziellen Punkt, nämlich bei der Kerntheilung, sich äussert, es sei ihm „meine Ansicht von der Ursache dieser Erscheinung nicht ganz klar geworden", — was wohl daher kommt, dass ich das genannte Problem, weil die Ausführung im Einzelnen verschiedene Möglichkeiten darbietet, nur ganz allgemein behandelt habe, und dass der Verfasser eines Handbuches sich nicht bei jedem einzelnen Gegenstand, wenn derselbe nicht von hervorragender Bedeutung ist, lange aufhalten kann.

Eine andere Pflicht liegt freilich dem Monographen ob, der eine bestehende allgemeine Theorie durch eine andere ersetzen will. Derselbe sollte sich die Mühe geben, die bisherige Theorie zu verstehen, und bedenken, dass mechanische Probleme ohne eine unleidliche Breite nicht so leicht verständlich zu machen sind wie etwa eine morphologische Beschreibung, und dass daher dem Leser immer noch eigenes Nachdenken zugemuthet werden muss. Er sollte ferner berücksichtigen, dass aus einem zusammengehörigen System von mechanischen Folgerungen nicht einfach und ohne Begründung die eine Hälfte angenommen, die andere zurückgewiesen werden darf. Der Schluss seines

Artikels, von dem ich ebenfalls am Schlusse sprechen werde, zeigt freilich, dass der Verfasser auch über die von ihm als richtig angenommene Hälfte nicht zum klaren Verständniss gelangt ist.

Wie bereits bemerkt muss die Thatsache, dass in dem kleinen dichten Stärkekorn und in den dichten Schichten der grösseren Körner sich eine weiche Masse ausscheidet, den Ausgangspunkt für jede Theorie des Wachsthums bilden. Dies anerkennt auch der Verfasser, sagt aber, dass jene Thatsache durch längst bekannte physikalische Eigenschaften der Stärkekörner erklärt werde und formulirt dann diese Eigenschaften und die Folgerungen daraus in einer Weise, die mir nicht annehmbar erscheint.

Die erste Behauptung betrifft die Cohaesion und Dehnbarkeit der Stärkesubstanz. Bei Anwendung von Druck sollen sich in den Stärkekörnern nur radiale, die Schichten rechtwinklig durchbrechende und keine tangentialen, mit den Schichten parallelen Risse bilden, selbst „wenn die Stärkekörner auf das Mehrfache ihrer Durchmesser durch Druck ausgedehnt werden." Daraus wird geschlossen, dass „die Cohaesion des Stärkekorns in der tangentialen Richtung sehr gering, in der radialen hingegen sehr gross sei; dass die Substanz in letzterer Richtung sehr dehnbar sei, während Dehnbarkeit in tangentialer Richtung vollständig zu mangeln scheine."

Bezüglich dieser auffallenden Meinung ist der Leser natürlich sehr gespannt darauf, durch welche Structur ein so gearteter Gegensatz zwischen radialer und tangentialer Richtung zu Stande komme. Denn nach den vorliegenden Thatsachen erwartet man das Gegentheil, nämlich eine schwächere Cohaesion in radialer Richtung, weil in dieser Richtung die alternirend wasserreichen Schichten dem Zug nur einen sehr geringen Widerstand darbieten. Die Neugierde bleibt aber unbefriedigt, denn eine Erklärung wird weiter nicht versucht.

Indessen ist die Basis selbst, auf welcher die Meinung beruht, nicht sólid. Uebt man auf ein in Wasser liegendes Stärkekorn einen Druck aus, so sieht man allerdings nur radiale Risse, woraus indessen nicht folgt, dass die tangentialen mangeln. Man stelle sich einmal die Frage, wie denn tangentiale Risse zur Ansicht kommen können. Man sieht dann leicht ein, dass Risse, die mit den Schichten parallel gehen, gar nicht sichtbar sind. Die radialen Risse werden sehr deutlich, weil sie unter dem Auge des Beobachters senkrecht stehen und die dichten Schichten durchbrechen, weil sie somit auf eine beträchtliche Höhe den Gegensatz zwischen Wasser und dichter Substanz zeigen. Die tangentialen Risse dagegen können, auch wenn sie vorhanden sind, nicht gesehen werden, theils weil sie die Gestalt der Oberfläche eines stark zusammengedrückten Ellipsoids besitzen und demnach nur auf eine geringe Höhe sich in senkrechter Lage befinden, — theils aber namentlich desswegen, weil sie innerhalb der weichen Schichten auftreten, und weil ein mit Wasser gefüllter Riss von der weichen wasserähnlichen Substanz nicht unterschieden werden kann.

Man könnte nun meinen, — und darauf deutet auch eine Bemerkung des Verfassers, — dass, wenn durch Druck sich zugleich radiale und tangentiale Risse bildeten, die Substanz des Stärkekorns in viele Stücke zerfallen müsste. Dass dies aber nicht der Fall sein kann, ergiebt sich einfach aus einer genauen Erwägung der Sachlage. Bei einseitigem Druck bilden sich natürlich nur solche radiale Risse, deren Fläche mit der Richtung des Druckes parallel geht, wodurch die Substanz des Korns in Kugelsectoren oder Kugelkeile (mit kugelzweieckiger Grundfläche) zerfällt; und diese Kugelsectoren zerfallen ferner durch die tangentialen Risse in concentrische, bandförmige Schalen. Zu einem Ablösen von Stücken ist also bei vorsichtigem

Drucke auch bei Anwesenheit von tangentialen Rissen keine Veranlassung geboten.

Wir fragen uns ferner, was müsste geschehen, wenn die Stärkekörner einer Gestaltsveränderung, bei welcher die einen Durchmesser sich auf das Mehrfache verlängern, lediglich durch Dehnbarkeit ihrer Substanz in radialer Richtung, wie der Verfasser behauptet, genügen wollten. Offenbar müssten Verschiebungen der Micelle stattfinden; denn wir könnten nicht annehmen, dass dieselben in radialer Richtung einfach auseinander weichen, und dass die Zwischenräume sich mit Wasser füllen, weil ja damit die Elastizitätsgrenze weit überschritten und die Cohaesion in dieser Richtung ganz aufgehoben würde. Wenn aber eine Verschiebung der Micelle aus der tangentialen in die radiale Anordnung möglich ist, warum kann nicht auch das Umgekehrte stattfinden, da doch annähernd die nämlichen Molekularkräfte überwunden werden müssten; warum bilden sich radiale Risse, statt dass eine Verschiebung aus der radialen in die tangentiale Anordnung eintritt?

Nach meiner Ansicht entstehen, wenn man einseitigen Druck auf die Stärkekörner einwirken lässt, sowohl tangentiale als radiale Risse. Daraus lässt sich sohin kein Schluss auf ungleiche Cohaesion und Dehnbarkeit in verschiedenen Richtungen ziehen. Aus anderweitigen Gründen müssen wir die Cohaesion des ganzen Korns in radialer Richtung für geringer halten als diejenige in den tangentialen Richtungen (wegen der abwechselnden dichten und weichen Schichten), die Cohaesion der einzelnen Schichten aber, wenigstens der dichten Schichten, in radialer Richtung für grösser als diejenige in den tangentialen Richtungen, weil in jener weniger Wasser zwischen die Micelle eingelagert ist als in diesen.

Man könnte auch anzunehmen geneigt sein, dass bei der Einwirkung von Druck auf die Stärkekörner in den

weichen Schichten sich keine Risse bilden, sondern dass ihre Substanz dehnbar sei und wie eine halbflüssige Masse dem Drucke folge. Diese Annahme würde in den Vorstellungen, die sich uns bezüglich der Eigenschaften der dichten Schichten aus den Thatsachen ergeben, nichts ändern; für sie darf eine bemerkbare Dehnbarkeit in irgend einer Richtung nicht vorausgesetzt werden. Aus verschiedenen Gründen ist es mir aber viel wahrscheinlicher, dass die weichen Schichten nicht eine halbflüssige und schleimige, sondern eine gallertartigbrüchige Consistenz besitzen.

Eine andere Behauptung des Verfassers, die ich ebenfalls nicht als richtig anerkennen kann, betrifft die Entstehung der weichen Partieen des Stärkekorns durch mechanische Aktion. Die Behauptung ist aus zwei wesentlichen Missverständnissen entsprungen, von denen das eine die Quellung, das andere die Wirkung des Zuges betrifft. Um das erstere Missverständniss aufzuklären, muss ich zunächst an das Verhalten der Stärkesubstanz, wie ich es schon in meiner ersten Abhandlung auseinander gesetzt habe, erinnern.

Die Stärkekörner sind in der Pflanze mit Wasser durchdrungen; sie verlieren dasselbe zum grossen Theil beim Austrocknen an der Luft, und nehmen es beim Wiederbefeuchten wieder auf: sie imbibiren sich, wie der technische Ausdruck lautet. Lässt man auf die Stärkekörner erhöhte Temperatur oder gewisse chemische Mittel oder bestimmte mechanische Eingriffe einwirken, so nehmen sie mehr Flüssigkeit auf, als sie im imbibirten Zustande enthalten; sie quellen auf und verwandeln sich in Kleister. Beide Vorgänge sind wesentlich verschieden, obwohl sie häufig unrichtiger Weise als Quellung zusammengeworfen werden. Die Imbibition oder Durchdringung, die man auch als natürliche Quellung bezeichnen könnte,

lässt die Organisation des Stärkekorns in der unveränderten Beschaffenheit, die es in der Pflanze besitzt. Bei der künstlichen Quellung oder Verkleisterung findet eine Veränderung der ursprünglichen Organisation, eine Desorganisation statt, welche nach der Micellartheorie in einem Zerfallen der grösseren Micelle in kleinere besteht. Ich habe bisher die beiden Vorgänge gewöhnlich als Imbibition und Aufquellung unterschieden.

Der Verfasser betrachtet die natürliche und die künstliche Quellung als den nämlichen Vorgang; dagegen scheint er zwischen der (natürlichen und künstlichen) Quellung einerseits und der Verkleisterung anderseits einen Unterschied zu machen. Denn er sagt, Nägeli und Schwendener hätten das Aufquellen der Stärkekörner durch mechanische Eingriffe beobachtet (Mikroskop 2. Aufl. S. 433); nach W. Nägeli sei dieses Aufquellen als ein geringer Grad der Verkleisterung anzusehen. — Letzterer hatte die Erscheinung untersucht und ihr diesen Namen gegeben; sie gieng dann unter der synonymen Benennung Aufquellen in das „Mikroskop" über. Denn worin eine Verschiedenheit zwischen künstlicher Quellung und Verkleisterung bestehen sollte als allenfalls im Grad, indem letztere meistens höhere Grade der Aufquellung darstellt, weiss ich in der That nicht.

Beim Wachsthum des Stärkekorns kommt, wovon später die Rede sein wird, ein Zug zu Stande, der sein Volumen auszudehnen bestrebt ist, und in den kleinen kugeligen Körnern am stärksten auf das Centrum, in den dichten Schichten grösserer Körner am stärksten auf die Mitte jeder Schicht wirkt. Nach dem Verfasser soll diese mechanische Aktion der Zerrung das Aufquellen der dichten Substanz zu einer weichen Masse verursachen. Dabei sagt er mit gesperrter Schrift, es könne der Zug nicht „die Bildung von parallel den Schichten verlaufenden Spalten, wie Nägeli es annimmt", bewirken. Mit diesen Worten ist

meine Theorie so ungenau als möglich wiedergegeben, und der Leser, dem meine Darstellung unbekannt ist, würde eine ganz verkehrte Meinung davon bekommen. Ich brauchte wohl den Ausdruck „spaltenförmige weiche Schicht" und „mit weicher Substanz gefüllte Spalte" als Bild, gab aber deutlich an, wie ich mir deren Entstehung vorstelle, nämlich als eine allmähliche Einlagerung neuer kleiner mit Wasser umhüllter Micelle an den Stellen der grössten negativen Spannung. Dies ist doch etwas ganz Anderes als das Zerreissen der Substanz, als die Spalten- und Rissebildung im gewöhnlichen Sinne des Wortes; es ist zugleich die gelindeste Reaction auf einen sich successiv steigernden Zug, während der Verfasser eine viel heftigere Wirkung desselben, nämlich die Desorganisation der Substanz, welche in einer Zerreissung der Micelle besteht, annimmt.

Kern und weiche Schichten der Stärkekörner bestehen nach der Meinung des Verfassers aus künstlich aufgequollener, gleichsam verschleimter Masse, oder mit andern Worten aus einem dünnen Kleister. Nach meiner Darstellung dagegen stimmt die Substanz des Kerns und der weichen Schichten mit der kleisterartig aufgequollenen (ursprünglich dichten) Stärkesubstanz nur im Wassergehalt überein; beide sind aber darin wesentlich verschieden, dass in der ersteren die auf natürlichem Wege entstandenen Micelle eine bestimmte regelmässige Anordnung zeigen, indess in der zweiten die Bruchstücke grösserer Micelle unregelmässig durcheinander liegen.

Dies ist zwar noch bloss ein theoretischer Unterschied, der sich aus den Ursachen, die nach der Micellartheorie wirksam werden, ergiebt; derselbe lässt sich aber auch durch Beobachtung nachweisen. Dass beim künstlichen Aufquellen die Micelle in Unordnung gerathen, ergiebt sich aus dem Umstande, dass ein durch Hitze oder Kalilösung etwas kleisterartig gequollenes, aber noch ziem-

lich dichtes Stärkekorn die doppelbrechenden Eigenschaften verloren hat. Besonders wichtig ist ferner das Verhalten der Stärkesubstanz zu einigen Farbstoffen, welches einerseits das Nämliche beweist, anderseits auch wahrscheinlich macht, dass die weichen Schichten nicht aus künstlich aufgequollener Masse bestehen.

Dieses Verhalten war von W. Nägeli (Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe) beobachtet worden; derselbe fand, dass ganze Stärkekörner und der unveränderte Theil von zerschnittenen oder durch Druck zerrissenen Körnern von Lakmus, Anilinroth, Alizarin und dem Farbstoff des Campecheholzes nicht gefärbt werden, während Stärkekleister und die durch die mechanische Action aufgequollene Partie der zerschnittenen und zerrissenen Körner sich färben. Die Resistenz gegen die Farbstoffeinlagerung, welche der unveränderten Stärkesubstanz zukommt, muss also in der natürlichen Anordnung der Micelle begründet sein. Und da die Färbung bei solchen Versuchen sich niemals über die aufgequollene Substanz hinaus in die weichen Schichten hinein fortsetzt, so schliesse ich daraus, dass die letzteren nicht, wie der Verfasser annimmt, aus einer durch mechanische Aktion aufgequollenen und desorganisirten Substanz bestehen können.

Da übrigens das Verhalten der Farbstoffe von dem Verfasser noch für eine anderweitige Theorie, die mir unhaltbar scheint, benutzt wird, so habe ich dasselbe einer erneuerten Untersuchung unterworfen. Aus den Beobachtungen von W. Nägeli geht nämlich bloss hervor, dass die natürliche (unveränderte) Stärkesubstanz durch die genannten Farbstoffe sich nicht färbt, was unter Anderem auch so ausgedrückt wird, dass die letzteren nicht eindringen. Der Verfasser hat nun dieses „Eindringen“ in allzu wörtlichem Sinne aufgefasst, obgleich die ganze Beschreibung zeigt, dass es sich nur um die Beobachtung von

Färbung, also von Aufspeicherung des Farbstoffes handelte. Es wäre ja möglich, dass die Farbstoffe mit dem Wasser wohl in geringer Menge eindrängen, aber nicht eingelagert würden. Mit dem Umstande, dass die Stärkekörner im Gegensatze zu den Zellmembranen und den Proteinkrystalloiden „für Lösungen organischer Farbstoffe ganz undurchdringlich sind", will der Verfasser später die Annahme rechtfertigen, dass die Stärkekörner auch für die gelöste Verbindung, aus welcher ihre Substanz sich aufbaut, nicht durchdringlich seien.

Die neuen Untersuchungen über das Färben der Stärkekörner wurden bloss mit den käuflichen Anilinfarbstoffen angestellt. Dieselben ergaben zunächst eine fast verwirrende Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, welche indess nach verschiedenen Abänderungen der Versuche eine bestimmte Gesetzmässigkeit erkennen und in folgende allgemeine Thatsachen sich zusammenfassen lassen:

I. Anilinviolett, Anilinroth, Anilinbraun und Anilingelb, in Wasser gelöst, färben sowohl die natürlichen (unveränderten) als die aufgequollenen Stärkekörner intensiv.

II. Werden die durch Anilinviolett oder Anilinroth intensiv gefärbten Stärkekörner in mehr oder weniger verdünntes Glycerin allein oder auch in solches, das die nämliche Anilinfarbe gelöst enthält, gelegt, so entfärben sich die natürlichen Körner vollständig, indess die aufgequollenen Körner eine schwache Färbung behalten.

III. Bringt man farblose Stärke in mehr oder weniger verdünntes Glycerin, in welchem Anilinviolett oder Anilinroth gelöst ist, so bleiben die natürlichen Körner ungefärbt, während die aufgequollenen sich schwach färben.

IV. Anilinblau und Anilinschwarz, in Wasser gelöst, färben die natürlichen Stärkekörner gar nicht, indess die aufgequollenen Körner schwach gefärbt werden.

V. Wird die Lösung von Anilinblau in Wasser mit verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure versetzt, so färben

sich darin sowohl die natürlichen als die aufgequollenen Stärkekörner intensiv.

Fragen wir uns nach den Ursachen dieser verschiedenen Erscheinungen, so ist zunächst zu entscheiden, ob in den Fällen mangelnder Färbung der gelöste Farbstoff nicht in die Stärkesubstanz eindringe, oder ob er in dieselbe eindringe, aber von ihr dem Lösungsmittel nicht entzogen und eingelagert werde. Ich halte es für ganz unzweifelhaft, dass Letzeres der Fall ist, dass also die gelösten Anilinfarbstoffe immer in die imbibirten Stärkekörner hineindiffundiren. Denn es ist doch nicht wahrscheinlich, dass von so nahe verwandten Verbindungen die einen vom Wasser hineingeführt werden, die anderen nicht (I, IV), dass die nämliche Verbindung mit Wasser hineingehe, mit Wasser und Glycerin aber nicht (I, III), oder dass sie mit angesäuertem Wasser eindringe, mit Wasser allein dagegen nicht (IV, V). Ferner ist wohl unbedingt anzunehmen, dass, wenn ein Lösungsmittel (wasserhaltiges Glycerin) einen Farbstoff aus dem Stärkekorn herausführt, das nämliche denselben auch hineinführen kann (II, III). Endlich kommt noch der wichtige Umstand in Betracht, dass unverholzte Zellmembranen sich oft analog verhalten wie die natürlichen Stärkekörner, dass sie sich nämlich mit Anilinviolett und Anilinroth färben, nicht aber mit Anilinblau. Letzteres dringt aber gleichwohl in diese Membranen ein, was deutlich durch den Umstand dargethan wird, dass dasselbe das Plasma und besonders den Zellkern in geschlossenen (unverletzten) Zellen färbt.

Wir müssen also annehmen, dass die Farbstoffe mit dem Lösungsmittel in geringer Menge in die Stärkesubstanz eindringen, und dass sie von dieser bald gar nicht, bald in geringer, bald in grösserer Menge eingelagert werden. Ob das Eine oder Andere geschehe, hängt offenbar von zwei Ursachen ab, 1) von der Verwandt-

schaft des Farbstoffes zur Stärke einerseits und zum Lösungsmittel anderseits, 2) von der besonderen Micellarconstitution der Stärkesubstanz und der dadurch bedingten dynamischen Wirkungen. Je nach der Beschaffenheit dieser Anziehungen bleiben die Farbstoffmoleküle entweder gelöst in der Imbibitionsflüssigkeit, oder sie werden derselben entzogen und an die Stärkemicelle angelagert; im letzteren Falle wird je nach der Stärke der Anziehung mehr oder weniger Farbstoff in der Substanz aufgespeichert.

Dass die verschiedenen Farbstoffe zur Stärke und zu den Lösungsmitteln eine ungleich grosse Verwandtschaft besitzen, ergiebt sich aus dem ungleichen Verhalten der Stärkekörner zu dem nämlichen Farbstoff in verschiedenen Lösungsmitteln und dessgleichen aus ihrem Verhalten zu verschiedenen Farbstoffen in dem nämlichen Lösungsmittel. Die Entfärbung intensiv gefärbter natürlicher Stärkekörner in Glycerin (II) und die Nichtfärbung natürlicher Stärkekörner in gefärbtem Glycerin (III) lässt sich nur dadurch erklären, dass der Farbstoff zu dem wasserhaltigen Glycerin eine grössere Verwandtschaft hat als zur unveränderten Stärkesubstanz, während die Färbung der Körner in einer wässrigen Farbstofflösung von gleicher Intensität (I) beweist, dass umgekehrt der Farbstoff zu dem reinen Wasser eine geringere Verwandtschaft besitzt als zur Stärke. Die Färbung der natürlichen Stärkekörner durch Anilinviolett und andere Anilinfarben (I) und die Nichtfärbung derselben durch Anilinblau und Anilinschwarz (IV) zeigen, dass jene Farbstoffe zur unveränderten Stärke eine grössere, diese dagegen eine geringere Verwandtschaft zeigen als zu Wasser.

Wenn von zwei gleich intensiven blauen Lösungen die eine die natürlichen Stärkekörner nicht färbt (IV), die andere, welche einen geringen Zusatz von Säure erhielt, eine sehr starke Färbung hervorbringt (V), so kann die

Verwandtschaft des Farbstoffs zum Lösungsmittel durch die Säure herabgesetzt worden sein, oder, was wahrscheinlicher ist, es kann sich, da die meisten Anilinfarbstoffe salzartige Verbindungen sind, ein anderes Salz gebildet haben. Ich bemerke hiezu, dass Zusatz von Säure zu einer Lösung von Anilinschwarz nicht die nämliche Wirkung hat, was aber dadurch erklärlich wird, dass der Farbstoff sich aus der angesäuerten Lösung niederschlägt.

Auf die Färbung der Stärkekörner durch Anilinfarben, resp. auf die Verwandtschaft dieser Farben zur Stärkesubstanz und zu dem wässrigen Lösungsmittel. scheint ihre Constitution oder Verbindungsweise von grossem Einfluss zu sein. So muss das Anilinroth, welches vor mehreren Jahren von W. Nägeli angewendet wurde und die natürlichen Stärkekörner nicht färbte, ein anderes gewesen sein, als das jetzt von mir mit ganz anderem Erfolge angewendete Anilinroth. Ich habe die Frage über das Verhältniss zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Wirkungsweise nicht weiter verfolgt, weil dies für die physiologische Frage, um die es sich handelt, gleichgültig ist. Zudem wäre bei der Ungewissheit über die Constitution vieler Anilinfarben die Lösung der chemischen Frage mit besonderen Schwierigkeiten verbunden.

Die zweite Ursache, welche neben der Verwandtschaft des Farbstoffes zum Lösungsmittel und zur Stärke die Färbung oder Nichtfärbung bedingt, beruht in der verschiedenen Micellarconstitution der Stärkesubstanz. Die natürlichen Stärkekörner färben sich nicht, während die aufgequollenen sich mehr und weniger intensiv färben, oder die ersteren nehmen eine schwächere Färbung an als die letzteren.[1]) —

1) Wird dagegen von den natürlichen Stärkekörnern sehr viel Farbstoff eingelagert, so erscheinen die stärker aufgequollenen heller gefärbt, was von der beträchtlichen Verdünnung der Substanz durch das reichlich aufgenommene Wasser herrührt.

Die unveränderte Särkesubstanz äussert also eine gewisse Resistenz gegen die Einlagerung von Farbstoffen, was man geneigt sein möchte so zu erklären, dass die natürliche regelmässige Anordnung der Micelle, wie sie sich beim Wachsthum bilde, den stärksten Molekularanziehungen entspreche, während in der durch Aufquellen desorganisirten Substanz, in welcher die Micelle ungeordnet durch einander liegen, Kraft und Raum für die Einordnung fremder Moleküle frei geworden sei.

Indessen lässt sich über die Ursachen, welche die Färbung oder Nichtfärbung bedingen, nichts Bestimmtes aussagen, so lange man das Verhalten der übrigen micellösen Substanzen in dieser Beziehung nicht genau kennt. Ich will bloss über das Verhalten der Membranen verschiedener Süsswasseralgen (Spirogyra, Zygnema, Cladophora) vorläufig eine kurze Mittheilung machen, weil dasselbe eine Analogie zu den Stärkekörnern mit einer sehr merkwürdigen Erweiterung oder Vervollständigung darbietet. An diesen Membranen lassen sich nämlich, nicht zwei wie bei den Stärkekörnern, sondern drei verschiedene Zustände der micellaren Constitution nachweisen, die ich als den lebenden, den natürlich todten und den aufgequollenen Zustand bezeichnen will.

I. Der lebende Zustand der Membran ist immer dann gegeben, wenn der lebende Inhalt derselben dicht anliegt. In diesem Zustande färbt sich die Membran durch Anilinfarben schwächer oder stärker, indess der Inhalt noch nichts von denselben aufnimmt.

II. Der natürlich todte Zustand der Membran tritt dann ein, wenn der lebende Inhalt sich von derselben lostrennt, oder wenn er ihr anliegend abstirbt. In diesem Zustande lagert die Membran keinen Farbstoff ein, indess dagegen der Inhalt sich färbt; und wenn sie im lebenden

Zustande gefärbt war, so wird sie beim Uebergang in den todten farblos.

III. Der aufgequollene Zustand entsteht durch die Einwirkung von Alkalien oder Säuren, durch längeres Kochen in Wasser und durch hinreichend langes Liegen in kaltem Wasser. In diesem Zustande färben sich die Membranen wieder.

Ich führe, statt anderer Thatsachen, nur zwei charakteristische Vorgänge an, die man, einmal orientirt, leicht erhalten kann. Wenn lebende Algenfäden in Farbstofflösung gelegt und darin liegen gelassen werden, so färbt sich zuerst die Membran allein (I); nach einiger Zeit ist die Membran farblos und der Inhalt gefärbt (II); noch später findet man Membran und Inhalt gefärbt (III). I, II und III entsprechen den vorhin unterschiedenen Zuständen. — Legt man Algenfäden in gefärbte Glycerin- oder Zuckerlösung, so nimmt abermals zuerst die Membran allein Farbstoff auf (I). Nachher zieht sich der Plasmaschlauch von der Membran zurück, welche den Farbstoff wieder verliert (II); der Raum zwischen der farblosen Membran und dem noch farblosen Inhalt ist mit gefärbter Flüssigkeit gefüllt; bald wird aber auch der Inhalt gefärbt.

Offenbar entspricht der natürlich todte Zustand der genannten Membranen dem Zustande der Stärkekörner, den ich als natürlichen bezeichnet habe. Ob die Stärkekörner, wie die Membranen, eine davon verschiedene lebende Micellarconstitution besitzen, bei welcher sie Farbstoff einlagern würden, lässt sich nicht entscheiden, da, sobald der Farbstoff bei den in den Zellen befindlichen Stärkekörnern anlangt, der Inhalt schon gefärbt und todt ist und somit auch die von demselben umgebenen Stärkekörner in den natürlich todten Zustand übergegangen sein müssen.

Nach dieser Abschweifung über das Verhalten der Stärkekörner zu den gelösten Farbstoffen, welche noth-

wendig war, um einige irrthümliche Annahmen bezüglich des Wachsthums zu berichtigen, kehre ich zu der Entstehung der weichen Partieen des Stärkekorns durch mechanische Aktion zurück. Nachdem ich gezeigt habe, dass diese weichen Partieen nicht als eine durch Aufquellen desorganisirte, kleisterartige Substanz wie sie sonst durch Druck entsteht, angesehen werden dürfen, will ich noch das andere Missverständniss, welches die Wirkung des Zuges betrifft, besprechen und zeigen, dass der Zug, wie er beim Wachsthum der Stärkekörner eintritt, eine solche Desorganisation überhaupt nicht verursachen kann. Dies ergiebt sich deutlich aus der Vergleichung der Umstände, unter welchen Aufquellung und Desorganisation erfolgt, mit denen, unter welchen diese Erscheinung ausbleibt.

Einfacher Zug bringt nach den bis jetzt bekannten Erfahrungen nur Zerreissen, ohne Veränderung der Substanz hervor. Bloss die gequetschte Substanz quillt auf und wird desorganisirt. Das Aufquellen tritt also ein beim Zerdrücken und Zerschneiden der Stärkekörner, und beschränkt sich, wenn mit einem sehr scharfen Messer geschnitten wird, auf eine ziemlich dünne Lage an der Schnittfläche. Spannungen in der Substanz der Stärkekörner, welche die Elastizitätsgrenze überschreiten, bewirken nur ein Zerreissen, nicht ein Aufquellen. So sind in den ausgetrockneten und wieder benetzten Körnern nur Risse in der sonst unveränderten Substanz sichtbar. Bei der langsamen Einwirkung künstlicher Quellungsmittel (Hitze, verdünnte Kalilauge u. s. w.) treten zunächst, nach Massgabe der durch ungleiches Aufquellen verursachten Spannungen, Risse, nicht etwa vermehrte oder locale Desorganisationen auf, und später erfolgt die Desorganisation auf jedem einzelnen Punkt nur nach Massgabe der dort stattgehabten Wirkung der desorganisirenden Mittel. Wenn also

den negativen Spannungen, die in Folge des Wachsthumsprocesses im Innern des Stärkekorns entstehen, nicht durch Einlagerungen von Substanz (nach der Intussusceptionstheorie), sondern durch Einlagerung von Wasser (wie der Verfasser annimmt) ein Genüge geleistet würde, so könnten nicht ein weicher Kern und weiche Schichten sich bilden, sondern es müsste das Innere des Stärkekorns durch Risse zerklüftet werden.

Ich komme nun zu den Ursachen, welche die mechanische Aktion bewirken sollen. Was meine Theorie des Wachsthums betrifft, so hatte ich das Vorhandensein von bestimmten Spannungen im Stärkekorn nachgewiesen und als Folge des nothwendig ungleichen Wachsthums durch Intussusception erklärt, indem ich zeigte, dass in Folge dessen jede Micellarschicht in Bezug auf die nächst innere positiv, in Bezug auf die nächst äussere negativ gespannt sein muss. Der Verfasser eignet sich diese Theorie vollständig an; da er aber das Intussusceptionswachsthum verwirft, so ist es seine Aufgabe zu zeigen, dass die nämlichen Spannungen einfach durch Wassereinlagerung entstehen können. Der versuchte Beweis lautet kurzgefasst: Da die Einlagerung von Wasser parallel der Schichtung viel grösser als senkrecht dazu sei, so müssten dadurch natürlich jene Spannungen verursacht werden. Sowohl der Vordersatz als der Nachsatz dieses Schlusses bedürfen, in der Deutung, die ihnen der Verfasser giebt, einer Richtigstellung.

Was den Vordersatz betrifft, dass „die Einlagerung von Wasser parallel der Schichtung viel grösser sei als senkrecht dazu", so beruft er sich darauf, dass ich dies nachgewiesen hätte. Zu diesem Ende führt er aber nur diejenigen meiner Beobachtungen an, welche seiner Meinung günstig scheinen, und überdem gebraucht er das Wort

Wassereinlagerung doppelsinnig, einmal als Gesammtmenge des eingelagerten Wassers und dann als Menge des während eines bestimmten Vorganges aufgenommenen Wassers. So kommt er zu einem Ergebniss, welches mit dem Sachverhalte und mit meiner Darstellung nicht übereinstimmt. Ich muss daher das thatsächlich Richtige bezüglich der Wassereinlagerung wieder feststellen.

Das Stärkekorn ist in jedem Stadium seines Wachsthums ein von wässriger Flüssigkeit umgebenes, mit Wasser durchdrungenes materielles System, dessen Spannungen sich im Gleichgewicht befinden. Wenn das Stärkekorn austrocknet, so bilden sich Risse, ein Beweis, dass das Gleichgewicht bei diesem Vorgange gestört wurde; und die Risse haben einen radialen, die Schichten rechtwinklig durchbrechenden Verlauf, ein Beweis, dass in den tangentialen Richtungen mehr Wasser verloren wurde als in radialer, somit dass die Gesammtmenge des in jenen Richtungen eingelagerten Wassers grösser war. Wirken künstliche Quellungsmittel langsam auf das natürlich imbibirte Stärkekorn ein, so vergrössert es sein Volumen, indem sich wieder radiale Risse bilden, ein Beweis, dass während dieses Vorganges in radialer Richtung mehr Wasser eingelagert wird als in den tangentialen.

Von diesen beiden Thatsachen, die ich angeführt hatte und die beide ganz allgemeine und regelmässig eintretende Erscheinungen sind, zeigt die erstere eine vermehrte Wassereinlagerung in der Richtung, wie sie der Verfasser angiebt, die zweite, die er hier aber unerwähnt lässt, eine vermehrte Wassereinlagerung in entgegengesetzter Richtung. Dagegen spricht der Verfasser weitläufiger von einer Erscheinung künstlicher Quellung, die bei Stärkekörnern mit sehr starker Excentrizität des Kerns in spätern Stadien der Einwirkung eintritt und die ich ebenfalls angeführt hatte.

Diese Erscheinung zeigt eine grössere Zunahme in den tangentialen Richtungen als in der radialen.

An einer solchen Behandlungsweise ist einmal unstatthaft, dass eine allgemein vorkommende Erscheinung, welche der Theorie widerspricht, einfach ignorirt wird; ferner dass, was ich bereits in anderer Beziehung beanstandet habe, die natürliche und die künstliche Quellung zusammengeworfen werden.

Ich habe in meiner Stärkeabhandlung die verschiedenen Erscheinungen des Austrocknens und des künstlichen Aufquellens beschrieben und daraus die Schlüsse, die sich für die Wassereinlagerung ergeben, gezogen. Dabei legte ich auf die Modificationen der künstlichen Quellung weniger Gewicht, weil die letztere nach meiner Ansicht mit der Mechanik des Wachsthums nicht in Beziehung gebracht werden kann. Bemerkenswerth an der künstlichen Quellung ist nur der Umstand, dass im Anfange stets eine stärkere Wassereinlagerung in radialer Richtung stattfindet. Dies beweist nach meiner Theorie der künstlichen Quellung, dass die ursprünglichen Micelle, die in radialer Richtung verlängert sind, je in mehrere radial hinter einander liegende Micelle zerfallen. Warum in späteren Stadien bei sehr excentrischen Körnern das Aufquellen in der Breite stärker ist, als in radialer Richtung, habe ich früher nicht untersucht, und will es auch jetzt nicht entscheiden. Es wären hiezu besondere, für diesen Zweck angestellte Beobachtungen erforderlich. So viel ist aber sicher, dass nur die ersten Stadien der künstlichen Aufquellung Aufschluss über Gestalt und Lagerung der Micelle und demnach auch über die Einordnung der Wassermoleküle geben, und dass in den späteren Stadien mit zunehmender Desorganisation Verschiebungen der Micelle (Micellstücke) eintreten. Wir können also für diese späteren Stadien bloss angeben, wie die Dimensionen in einzelnen Theilen des Korns oder in

einzelnen Schichten zunehmen, aber wir dürfen daraus nicht etwa auf Wassereinlagerung in bestimmten Richtungen schliessen.

Aus der Wassereinlagerung folgert der Verfasser das Vorhandensein von Spannungen, indem er mit gesperrter Schrift sagt: „Die Bevorzugung der tangentialen Richtungen gegenüber der radialen in Bezug auf Wassereinlagerung verursacht natürlich Spannungen", denen dann der früher angegebene Charakter zugeschrieben wird. Hiezu ist aber zu bemerken, einmal, dass, wie wir soeben gesehen haben, bei strenger und vollständiger Beurtheilung der Beobachtungen die Wassereinlagerung je nach den Umständen eine entgegengesetzte Beschaffenheit zeigt, indem in den natürlich imbibirten Stärkekörnern in radialer Richtung weniger Wasser eingelagert ist als in den tangentialen Richtungen, beim künstlichen Aufquellen dagegen, so lange eine sichere Beurtheilung möglich ist, in der ersten Richtung mehr Flüssigkeit eingelagert wird als in den letzteren. Da nun der Verfasser ein vorzügliches Gewicht auf die Erscheinungen des künstlichen Aufquellens legt, so hätte er mit gleicher Berechtigung die entgegengesetzten Spannungen von denen, die er dem Stärkekorn zuschreibt, annehmen können.

Ferner ist zu bemerken, dass aus der Wassereinlagerung an und für sich Nichts über Spannungen im natürlich imbibirten Stärkekorn geschlossen werden kann. Denn die Risse, die sich beim Eintrocknen der Stärkekörner, und diejenigen, die sich beim künstlichen Aufquellen derselben bilden, geben uns nur Kunde von den Spannungen, die während dieser Processe eintreten, und lassen uns ganz im Ungewissen, ob und welche Spannungen vorher bestanden haben. Wir können uns eine aus Körperchen (Micellen), die in concentrischen Schichten liegen, bestehende Kugel denken, die in jedem Punkte mehr Wasser in den tangentialen

Richtungen als in der radialen eingelagert enthält, und in der doch nicht die geringsten Spannungen vorhanden sind. Es lässt sich selbst eine solche Kugel ebenfalls mit vermehrter Wassereinlagerung in den tangentialen Richtungen denken, in welcher die Spannungen gerade umgekehrt, als es der Verfasser aus dieser Wassereinlagerung schliesst, sich verhalten, in welcher nämlich die äusseren Schichten der Kugel negativ, die inneren positiv gespannt sind.

Das Bestehen von Spannungen, und zwar in dem Sinne, wie es auch der Verfasser angenommen hat, habe ich aus dem Wachsthum durch Intussusception gefolgert, und ich habe es durch einige Erscheinungen in unzweifelhafter Weise bestätigt gefunden. Eine derselben, nämlich das Verhalten der Abschnitte von Stärkekörnern, an denen sich die Schnittfläche concav krümmt, wird von dem Verfasser erwähnt. Sie ist aber, weil dabei immer eine künstliche Quellung eintritt, nicht so unmittelbar einleuchtend, und sie erhält ihre volle Beweiskraft erst durch die andere Erscheinung, nämlich dass Stärkekörner, in denen beim Eintrocknen sich radiale Risse gebildet haben, diese Risse beim Wiederbefeuchten nicht verlieren, sondern vielmehr verstärken und erst jetzt deutlich zeigen. Diese Thatsache, bei welcher keine fremdartigen Ursachen mitwirken, beweist in aller Strenge, dass die Schichten des natürlich imbibirten Stärkekorns, — obgleich sie, wie die Risse zeigen, bereits mehr Wasser in den tangentialen Richtungen eingelagert enthalten, — doch das Bestreben haben, in diesen Richtungen im Gegensatz zur radialen noch mehr Wasser einzulagern und somit vorzugsweise in die Fläche zu wachsen, und dass dieses Bestreben in den äusseren Schichten grösser ist als in den inneren, dass sie somit gegenüber den letzteren sich in positiver Spannung befinden. Denn, wäre es nicht so, so müssten die Risse beim Wiederbefeuchten der trockenen Stärkekörner unsichtbar bleiben.

Diese Spannungen nun kommen durch Intussusceptions-Wachsthum nothwendig zu Stande. Dass sie durch Auflagerung zu Stande kommen können, hat der Verfasser nicht einmal zu zeigen versucht. Denn Alles, was er darüber und zwar nur beiläufig erwähnt, ist, dass in Folge ungleicher Wassereinlagerung Spannungen entstehen, dass in Folge der nämlichen Ursache die Spannungen immer zunehmen und dass „durch das Auflagern neuer Substanz natürlich die inneren Theile des Stärkekorns in ihrer Gesammtheit durch die äusseren immer mehr expandirt werden."

Giebt man sich von dem Vorgange der Auflagerung bei der Entstehung des Stärkekorns oder bei dem Wachsthum in irgend einem Stadium genaue Rechenschaft, so stellt sich unzweifelhaft heraus, dass dadurch in keinem Falle Spannungen entstehen können. Denken wir uns ein beliebiges in der Zellflüssigkeit oder im Plasma liegendes Stärkekorn. Dasselbe ist mit Wasser imbibirt; es hat davon aufgenommen, so viel es unter den bestehenden Verhältnissen aufnehmen kann; es verändert sich nicht weiter, wenn ferneres Wachsthum ausbleibt. Nun beginnt neue Auflagerung; in der das Korn unmittelbar umgebenden Lösung entstehen, Stärketheilchen (Micelle), welche sofort mit so viel Wasser sich umhüllen, als es ihren anziehenden Molekularkräften entspricht. Mit diesen Wasserhüllen legen sie sich an die Oberfläche des Stärkekorns an, und zwar in der Anordnung und mit den Abständen, welche der Gleichgewichtszustand der beiden Anziehungen zwischen Stärke und Stärke und zwischen Stärke und Wasser verlangt. Damit sind alle Spannungen, die der ganzen Schicht zukommen könnten, ausgeschlossen; für ihre Entstehung liegt ebensowenig Grund vor als bei dem durch Auflagerung wachsenden Krystall. Auch die aus wasserbenetzten Micellen bestehenden, durch Apposition sich vergrössernden

Krystalloide ermangeln der eigenthümlichen Schichtenspannungen, die den Stärkekörnern zukommen.

Wollte man aber den Stärkekörnern keinen micellösen Bau zugestehen, sondern ihnen irgend eine andere, noch unbekannte und nicht zu bestimmende Beschaffenheit beilegen (ich halte dies für logisch unmöglich), so würde damit Nichts geändert bezüglich der eintretenden Spannungen. Es müsste immerhin die neu aufzulagernde Schicht in einer Flüssigkeit sich bilden, und sie müsste schon im Stadium der Entstehung ihr Wasserbedürfniss befriedigen. Es ist ohne Veränderung der Substanz, also ohne Intussusception unmöglich, dass das Bedürfniss nach Wasser nachträglich ein anderes werde, und dass somit Spannungen entstehen.

Die Theorie des Verfassers setzt etwas Unmögliches voraus, nämlich, dass sich zunächst eine trockene oder sehr wasserarme Stärkeschicht auflagere und erst nachher, ihrem Bedürfniss entsprechend, mit Wasser imbibire. Aber auch bei dieser für die Molekularphysiologie unmotivirbaren Annahme wäre der Erfolg doch nicht der gewünschte. Es lagere sich auf ein Stärkekorn eine Schicht von Micellen („Molekülen" des Verfassers) auf, welche das Bestreben hat, mehr Wasser aufzunehmen. Was wird die Folge sein? Die in der neuen Schicht entstehenden Spannungen suchen einerseits die umschlossene Substanz auszudehnen, anderseits die eigenen Theilchen, die auf einander drücken, zu verschieben. Von diesen beiden Wirkungen würde die eine oder andere gleich sehr den Spannungen genügen, und es muss nothwendig diejenige eintreten, welche die geringsten Widerstände zu überwinden hat. Nun unterliegt es gewiss keinem Zweifel, dass bei einer solchen Sachlage einzelne Theilchen der neuen Schicht nach aussen, wo kein Widerstand zu überwinden ist, geschoben werden und den Anfang einer neuen Schicht bilden, und dass nicht etwa eine Legion innerer Theilchen in Bewegung gesetzt und stellen-

weise über die Elastizitätsgrenze hinaus auseinander gezerrt wird.

Diese Wirkung hätte der Verfasser um so eher annehmen müssen, als nach seiner Behauptung die Stärketheilchen nach innen und aussen mit sehr starker, seitlich mit sehr schwacher Anziehung auf einander wirken. Die Theilchen der neuen äussersten Schicht würden also von ihren eigenen Kräften nicht in der Schicht zurückgehalten, und sie würden bloss ihren Neigungen gehorchen, wenn sie, statt neben einander, sich hinter einander anlagerten. Diese Erwägung gilt selbstverständlich nicht für die Theorie der Intussusception, bei welcher die äusserste Schicht schon ein festes Gefüge zeigt und überdem eine viel bescheidenere Rolle spielt. Während nach der Auflagerungstheorie die neue äusserste Micellarschicht allein das bisherige Gleichgewicht stört, wachsen nach der Einlagerungstheorie gleichzeitig alle Micellarschichten und jede hat ihren Theil an den Ursachen, welche das Gleichgewicht stören.

Aus den bisherigen Betrachtungen ergiebt sich, dass die in dem Stärkekorn vorhandenen Spannungen bloss durch Intussusception zu Stande kommen können, und dass diese Spannungen die Ausscheidung des weichen Kerns und der weichen Schichten nur unter der Bedingung hervor zu bringen vermögen, dass gleichzeitig Intussusception thätig ist. Damit ist die Hauptfrage bezüglich des Wachsthums der Stärkekörner entschieden. Ich habe mich auf den mechanisch-physiologischen Theil der Frage beschränkt und von den Beobachtungsthatsachen nur das unbestreitbare und auch unbestrittene nachträgliche Auftreten der weichen Partieen im Inneren des Stärkekorns berücksichtigt. Damit will ich nicht sagen, dass nicht auch andere, der direkten Wahrnehmung zu-

gängliche Erscheinungen ins Gewicht fallen; aber ihre Beurtheilung liegt nicht so offenkundig da, und es lässt sich bezüglich derselben nicht so leicht der Irrthum nachweisen.

Unter den Beobachtungsthatsachen befindet sich jedoch eine, welche der Verfasser, der sich rühmt, alle von mir für die Intussusception vorgebrachten Gründe widerlegt zu haben, wie es scheint, übersehen hat, und welche aus der Appositionstheorie nicht erklärt werden könnte. Wie sich aus Quellungs- und Auflösungserscheinungen leicht nachweisen lässt, hat eine dünne Rinde der Stärkekörner eine andere Beschaffenheit als die ganze innere Masse; sie färbt sich durch Jod gar nicht, wenn sie hinreichend dünn, und schwach roth-violett, wenn sie etwas dicker erhalten wird, während die eingeschlossene Substanz ohne Ausnahme intensiv blau wird; sie widersteht auch gewissen Lösungsmitteln (Säuren), indess die ganze innere Masse sich löst. Da grosse und kleine Stärkekörner diese Hülle oder Membran besitzen, so ist der Schluss auf das Wachsthum durch Intussusception einleuchtend.

Ich werde auf die übrigen Theile der Schimper'schen Auseinandersetzungen, soweit sie das Wachsthum betreffen, nicht weiter eintreten. Nachdem das Wachsthum durch Intussusception an dem Hauptobject dargethan ist, erachte ich es für überflüssig nachzuweisen, dass auch andere Ausstellungen, die an meiner Theorie gemacht, vermeintliche Irrthümer und Inconsequenzen, die mir nachgewiesen werden, in Wirklichkeit nicht mir zur Last fallen. Ich glaube in dem bisherigen gezeigt zu haben, dass ich nicht leichthin ungegründete Meinungen auszusprechen pflege, und der Verfasser dürfte an der Wachsthumstheorie der Stärkekörner die Erfahrung gemacht haben, dass physiologische Gesetze nicht mit so geringer Mühe festgestellt werden wie etwa eine mikroskopische Beobachtungsthatsache. Die Besprechung der Entwickelungsgeschichte von ganz- und halb-

zusammengesetzten Körnern kann um so eher unterbleiben, als der Verfasser selbst zugiebt, dass, wenn das Wachsthum durch Intussusception begründet sei, „eine andere Erklärung (als die meinige) ganz unmöglich wäre". Doch halte ich es für zweckmässig, noch einige Bemerkungen über die neuen Schimper'schen Beobachtungen, die ich als einen wesentlichen Fortschritt begrüsse, beizufügen.

Eine erste Bemerkung betrifft die (ganz) zusammengesetzten Stärkekörner. Ich zeigte früher, dass dieselben auf zweierlei Art entstehen können, 1) durch Verwachsung einfacher Körner und 2) durch Theilung eines ursprünglich einfachen Korns; ich nannte die ersteren unächte, die letzteren ächte zusammengesetzte Stärkekörner. Diese Verschiedenheit bleibt bestehen; denn wie aus verschiedenen Gründen und namentlich aus den gleitenden Uebergängen zwischen ganz- und halb-zusammengesetzten Körnern, von denen die letzteren bloss aus einfachen hervorgehen können, erhellt, giebt es unzweifelhaft ächte (aus einem einfachen Korn entstandene) zusammengesetzte Körner. Unächte zusammengesetzte Körner habe ich nur dann angenommen, wenn die Verwachsung aus getrennten einfachen Körnern sich direkt nachweisen liess. Nach den Beobachtungen Schimper's mögen diese Stärkekörner eine viel grössere Verbreitung haben, als ich bis jetzt glaubte. Immerhin bleibt es misslich sich zu entscheiden, wenn die Beobachtung weder die ursprünglich getrennten einfachen Körner noch das eine noch ungetheilte Korn nachzuweisen vermag, und beide Entstehungsarten sich als möglich darbieten; und es wäre sehr wünschbar, wenn sich ein unterscheidendes Merkmal an den fertigen ächten und unächten zusammengesetzten Körnern auffinden liesse.

Ein besonderes Interesse erregen die sog. Stärkebildner Schimper's, in deren Innerem oder an deren Oberfläche die Stärkekörner entstehen. Ueber die physiologische

Function, welche dieselben bei der Bildung der Körner ausüben, lässt sich aber noch keine sichere Vermuthung aussprechen. Die Beobachtung hat bis jetzt keine andere leitende Thatsache ergeben als die, dass bei excentrischen Stärkekörnern der Stärkebildner auf der hinteren (dem Schichtencentrum abgekehrten) Seite des Korns aufsitzt, während seine Substanz die centrisch gebauten Stärkekörner ringsum einhüllt. Sollte sich dies auch als allgemeines Gesetz bestätigen, so würde daraus doch nicht, wie der Verfasser meint, folgen, dass der Stärkebildner der Ernährer sei, welcher das Material für den Aufbau der Stärkekörner liefere. Eine solche Function kommt mir sogar als sehr unwahrscheinlich vor und zwar aus folgenden Gründen.

Es ist sicher, dass das Stärkekorn durch eine gelöste Verbindung ernährt wird, da nur eine solche einzudringen vermag. Diese Verbindung kann nichts Anderes sein als Glycose (Traubenzucker) oder auch Diglycose (Maltose), da das Stärkemolekül ein durch Polymerisation entstandenes Derivat der Glycose ist.[1]) Lässt sich nun wohl annehmen, dass die Glycose, die von den Blättern in die Wurzeln oder

---

1) Ich hegte früher die Vermuthung, dass die lösliche Verbindung, welche die Stärkekörner ernährt, Dextrin sein könnte. Seitdem ich die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass Dextrin eine micellare, nicht eine molekulare Lösung bildet, so konnte nur der molekular-lösliche Zucker als Nährsubstanz angesehen werden. Ich weiss nicht, aus welchem Grunde Autoren, welche die Intussusception angenommen haben, gleichwohl die Stärke als primäres Assimilationsprodukt erklären.

Es versteht sich, dass die Stärke in allen Fällen zunächst aus Glycose entsteht, auch wenn sie in einer Unterlage von Hypochlorin auftritt, welches überhaupt kaum als ein Uebergangsglied in dem Bildungsprozess der Stärke anzunehmen ist; denn es ist nicht wahrscheinlich, dass an dem nämlichen Ort und zur nämlichen Zeit eine weit gehende Reduction von Kohlensäure und Wasser zu einer sauerstoffarmen Verbindung und eine Oxydation der letzteren zu einem Kohlenhydrat stattfinde.

in die Samen geführt wird, hier sich zunächst in dem Stärkebildner, der gleichsam als Condensator wirken würde, ansammle, um von demselben an die Stärkekörner abgegeben zu werden? Und wie sollte die Ernährung geschehen, — sollte die Zuckerlösung bloss an der oft winzigen Stelle, wo das Stärkekorn von dem Stärkebildner berührt wird, eindringen? was nicht anzunehmen ist, da die ganze Mechanik des Wachsthums dadurch eine andere würde, als sie wirklich ist. Oder sollte die Zuckerlösung, nachdem sich dieselbe in dem Stärkebildner aus der ganzen Umgebung concentrirt hat, von dem einen Punkte aus sich wieder in die Umgebung verlieren und über das ganze Korn ausbreiten, um an der ganzen Oberfläche desselben eindringen zu können? was nach den Gesetzen der Diffusion ebenso wenig annehmbar erscheint.

Der Verfasser hält eine solche Ausbreitung der Nährlösung über das Stärkekorn durch Capillarität für möglich. „Wenn ein Stärkekorn in einer beliebigen gallertartigen Substanz liege, so werde durch die Capillarkraft rings um das Stärkekorn Wasser der Gallerte entzogen und zwischen beiden als dünne Schicht aufgesammelt" (!); diese Schicht komme nothwendig in Zusammenhang mit einer Schicht Mutterlauge, welche durch Capillarität zwischen dem Stärkekorn und dem Stärkebildner entstanden sei, und erhalte dadurch selber die Eigenschaften einer Mutterlauge, welche dem Stärkekorn einen mit der Entfernung vom Ernährungsorgane abnehmenden Zuwachs gestatte.

Hiezu will ich bloss bemerken, dass, da die Stärkekörner und die anliegenden Substanzen in der Zellflüssigkeit, in der sie sich gebildet haben, liegen und damit durchdrungen sind, doch keine Gelegenheit für Capillarwirkungen im Sinne der Physik gegeben ist. Denn es kommt ja nicht darauf an, die äusserlichen morphologischen Verhältnisse zu vergleichen, sondern die Ursachen derselben zu beurtheilen.

In dem vorliegenden Falle hängt es von den wirksamen Molekularkräften (nicht von imaginären Capillarkräften) ab, ob und wie viel Wasser sich zwischen dem Stärkekorn und der umgebenden Gallerte (Plasma) befinde. Diese Molekularkräfte sind die Anziehung von Substanz und Substanz und von Substanz und Wasser. Voraussichtlich wird zwischen einem Stärkemicell (dem äussersten des Stärkekorns) und einem Plasmamicell (dem nächsten des umhüllenden Plasmas) sich etwas (d. h. um wenige Molekularschichten) mehr Wasser befinden als zwischen zwei Stärkemicellen und nicht unwahrscheinlich etwas weniger als durchschnittlich zwischen zwei Plasmamicellen. Es muss also nothwendig das Stärkekorn und das anliegende Plasma eine continuirliche, aus Micellen bestehende Masse darstellen. Von einer besondern, das Korn umgebenden Flüssigkeitsschicht kann keine Rede sein, und die Ausbreitung einer gelösten Substanz, die sich an einem bestimmten Punkt seiner Oberfläche bildete, müsste nach den Gesetzen erfolgen, welche für die Diffusion durch micellöse Substanzen gelten. Hiebei ist noch zu berücksichtigen, dass nach den Zeichnungen des Verfassers der Stärkebildner zuweilen bloss den 10.—20. Theil des Umfanges des Stärkekorns und also auch keinen grösseren Theil seiner Oberfläche einnimmt, und dass somit von diesem beschränkten Raume aus die Nährflüssigkeit sich ausbreiten müsste.

Die Ernährung des Stärkekorns besteht aber nicht bloss in der Aufnahme von Glycose; es muss dieselbe im Innern desselben auch in Stärke umgewandelt werden Dazu reicht der Einfluss der Stärkemicelle nicht aus; denn die aus den Zellen herausgenommenen Stärkekörner wachsen nicht in Zuckerlösung. Die Molekularkräfte des lebenden Plasmas müssen in irgend einer Weise mitwirken, um die Glycosemicelle zwischen den Stärkemicellen unter dem Einfluss der letzteren zu Stärke zu polymerisiren. Das Plasma,

welches das Stärkekorn umgiebt, übt dabei eine ähnliche Fernwirkung aus, wie das Plasma der Hefenzellen bei der Gährung. Möglicher Weise ist das Plasma des Stärkebildners für diese Function besonders befähigt, welche Vermuthung ich indess nur in Ermangelung einer besseren ausspreche. Sollte sie begründet sein, so liesse sich die Uebertragung der Kraft in verschiedener Weise denken; in keinem Falle aber könnte dadurch Gestalt und Bau des Stärkekorns in spezifischer Weise bedingt werden.

Die Function des „Stärkebildners" scheint mir also noch ziemlich problematisch zu sein. Dass das spezifische Wachsthum der Stärkekörner nicht durch ihn geregelt werde, wie es der Verfasser annimmt, schliesse ich aus der Beschreibung und den Abbildungen des Verfassers selber. Wäre es der Fall, so müsste zwischen der Gestalt des Stärkebildners und der Gestalt der Stärkekörner, inbegriffen den Bau derselben, eine bestimmte Beziehung bestehen. Es müsste die Gestalt des Korns eine andere sein, je nachdem sein Bildner klein und rundlich, oder grösser und scheibenförmig, oder stäbchenförmig ist. Man könnte selbst die Gestalt des Stärkekorns geometrisch construiren, die aus einem Stärkebildner von bestimmter Form unter der Voraussetzung entstände, dass das Wachsthum an der Anheftungsstelle am intensivsten sei und von da allmählich abnehme. Gehen wir umgekehrt von dem Stärkekorn aus, so würde dieses eine andere Gestalt seines Bildners erwarten lassen, je nachdem dasselbe cylindrisch ist, oder kegelförmig mit kreisförmigem Querschnitt und mit dem Kern im dicken Ende, oder kegelförmig mit dem Kern im dünnen Ende, oder stark zusammengedrückt mit dem Kern im schmalen Ende, oder keilförmig mit verdicktem schmalem Kernende und breitem kantenförmigem hinterem Rande. Diese Forderungen sind nicht bloss nicht erfüllt, sondern es stehen manchmal die Thatsachen in scharfem Widerspruch mit

ihnen. Körner von gleicher Gestalt haben ganz ungleich gestaltete Bildner, und Bildner von gleicher Gestalt und Grösse sind an ganz ungleich gestalteten Körnern befestigt. So sitzt z. B. an kegelförmigen Stärkekörnern aus verschiedenen Pflanzen der kleine Stärkebildner dem schmalen Ende auf, während das abgekehrte Ende wohl fünfmal dicker ist als der Stärkebildner; wenn der letztere für die Ernährung massgebend wäre, so sollte das Ende, das ihn trägt, immer das breitere und dickere sein. Im Wurzelstock von Canna sind die Stärkekörner im Allgemeinen dreieckig, der hintere Rand gewölbt; diesem hinteren Rande sitzt nach den Zeichnungen des Verfassers der Stärkebildner nicht bloss in der Mitte auf, wie es die Theorie von der massgebenden Ernährung verlangen würde; sondern er kann auch mehr oder weniger einer Ecke genähert sein. Ich verzichte auf verschiedene andere Bemerkungen, die sich aufdrängen und die ebenfalls den Mangel an Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung darthun würden.

Soll ich nach einer sorgfältigen Prüfung der neuen Schimper'schen Beobachtungen meine eigene Ueberzeugung betreffend das Wachsthum der Stärkekörner aussprechen, so ist mein Urtheil folgendes und zwar das nämliche, das ich schon im Jahr 1858 ausgesprochen habe. Als sicher erachte ich, dass das Stärkekorn an seiner ganzen Oberfläche Nährlösung aufnimmt, und dass das Wachsthum im Allgemeinen von der Oberfläche nach der Mitte hin zunimmt, — dass aber dieses Wachsthum durch innere und äussere Ursachen modifizirt wird, und dass dadurch die zahlreichen Abänderungen in Grösse, Gestalt, Schichtung (wozu auch die Zusammensetzung durch innere Bildungen gehört), in Consistenz und in der sog. chemischen Beschaffenheit hervorgebracht werden.

Zu den inneren Ursachen rechne ich ausschliesslich die jeweilige Configuration des ganzen Systems, d. h. die in

jedem Zeitmoment erlangte Constitution bezüglich Anordnung, Grösse und Gestalt der Stärkemicelle sowie Anordnung und Menge der Wassermoleküle. Diese Constitution hat natürlich den hauptsächlichsten Einfluss auf die neue Einlagerung; sie entscheidet sich aber, was ihren allgemeinen Charakter betrifft, schon in den primordialen Stadien und wird hier durch die Eigenthümlichkeit des Zellinhaltes, vielleicht am meisten durch den Stärkebildner, bedingt. Sie ist also eigentlich ein Produkt äusserer Einflüsse, wie ja alle inneren Ursachen ursprünglich aus äusseren Ursachen hervorgegangen sind.

Zu den äusseren Ursachen, welche neben den inneren in jedem Stadium des Wachsthums wirksam sind, gehört die chemische Beschaffenheit der Zellflüssigkeit, die in derselben thätigen Bewegungen und Umbildungen, die Temperatur, und besonders die Beschaffenheit des das Stärkekorn umgebenden Plasmas mit Einschluss des Stärkebildners, welch' letzterer vielleicht fortwährend einen Einfluss auf die Orientirung der ungleichen Radien des Stärkekorns ausübt.

Ich komme endlich zu denjenigen Beobachtungen des Verfassers, welche am meisten seine Auflagerungstheorie zu beweisen scheinen und die auch offenbar ihm dieselbe eingegeben haben. Es sind dies Stärkekörner, welche innerhalb einer normalgeschichteten Hülle einen corrodirten Kern mit unregelmässiger Oberfläche besitzen, und welche nach seiner Deutung entstanden sind aus einem durch Lösungsmittel auf natürlichem Wege zerfressenen Korn, auf welches sich beim Wiedereintritt der Stärkebildung Schichten abgelagert haben. — Ich habe bei meinen früheren Untersuchungen über Stärkekörner nie so deutliche Formen gesehen, wie sie der Verfasser zeichnet, wohl aber ähnliche, die mir einigen Zweifel über die Deutung erregten, die ich aber doch in anderer Weise erklären zu können glaubte.

Indessen will ich die von dem Verfasser gegebene Darstellung nicht anzweifeln, wiewohl es mir zur Beruhigung diente, wenn die morphologische Beobachtung und Beschreibung etwas vollständiger wäre. Das corrodirte Korn der abgebildeten Formen hat die Gestalt eines dünnen Täfelchens; dasselbe ist nur in der Flächenansicht gezeichnet, ebenso sein späterer Zustand, in welchem es von einer Hülle rings umgeben ist. Es wäre in mehr als einer Beziehung wünschbar gewesen, wenn eine Seitenansicht gegeben und gezeigt worden wäre, wie sich die Anflagerung an den beiden Flächen verhalte.

Gleichwohl nehme ich an, dass die Bildungsgeschichte sich genau so verhalte, wie es der Verfasser angiebt, dass also die ganze äussere Partie dieser Stärkekörner späteren Ursprungs sei. Dann haben wir hier einen Fall, wie er auch bei Zellmembranen vorkommt, wo ebenfalls das Wachsthum durch Intussusception Regel ist, und wo als Ausnahme innerhalb der Membran eine zweite Membran entstehen kann. Die Ursache, warum die Cellulosebildung nicht mehr zur Verdickung der bereits vorhandenen, sondern zur Anlage einer neuen Membran dient, muss in dem Umstande zu finden sein, dass die Verhältnisse, welche beim Beginne der ersten Membran vorhanden waren, wieder eintreten, dass nämlich der Plasmaschlauch, der sonst der Membran dicht anliegt, eine Zeit lang sie nur locker berührt und somit gleichsam wie bei einer nackten Zelle an Flüssigkeit grenzt.

In analoger Weise muss die Anlagerung eines Schichtencomplexes auf der Oberfläche eines Stärkekorns sich aus den nämlichen Ursachen ergeben, welche sonst bei der Neubildung der Stärkekörner wirksam sind, indem die Verhältnisse ein Weiterwachsen des vorhandenen Korns unmöglich machen. Die Intussusception, welche der normale Wachsthumsvorgang ist, erfolgt desswegen, weil die stärkebildenden Kräfte

im Inneren des Stärkekorns (zwischen den Micellen) mächtiger sind als an seiner Oberfläche und daher bei einer so geringen Concentration der Nährlösung schon wirksam werden, bei der die Kräfte an der Oberfläche noch keine Stärke zu bilden vermögen. Beim Beginn der Stärkebildung in einer Zelle legen sich die ersten Stärkemicelle, die zunächst beisammen liegen, durch ihre gegenseitige Anziehung an einander an und stellen in ihrer Vereinigung den Anfang eines Korns dar, in dessen Innerem die Stärkebildung weiter geht. Jene Stärkemicelle legen sich nicht an fremde Körper (z. B. an Plasmakörper) an, weil sie zu diesen keine Verwandtschaft haben.

Warum ein durch Lösungsmittel zerfressenes Stärkekorn nicht mehr in seinem Inneren wächst, wird durch folgende Ueberlegung leicht begreiflich. Stark corrodirte, selbst durchlöcherte Täfelchen von fleckigem Ansehen sogar mit Vacuolen im Inneren, wie sie der Verfasser beschreibt, sind jedenfalls auch in ihrer Micellarstructur mehr oder weniger verändert, vielleicht desorganisirt. Auch mögen Eiweissmicelle und wohl noch andere fremde Stoffe eingetreten sein und sich an- oder eingelagert haben. In einem so veränderten Stärkekorn sind auch die Molekularkräfte andere geworden und es wäre nur sehr begreiflich, wenn in demselben nicht mehr aus Zucker Stärke gebildet werden könnte. Es besteht überhaupt das Gesetz, dass ein organisirter Körper nur dann wachsen und sich weiter entwickeln kann, wenn er in seiner Micellarconstitution intact bleibt, und dass bei einer Störung derselben nicht Fortbildung stattfindet, sondern Neubildung beginnt. Dies gilt namentlich auch für die Entstehung der Organismen, wie ich an einem andern Ort zeigen werde, — und was die Stärkekörner betrifft, so hege ich die Ueberzeugung, dass, wenn man ein durch Hitze aufgequollenes Stärkekorn in eine lebende stärkebildende Zelle hineinlegen könnte, dasselbe nicht durch Intussusception fortwachsen

würde, und zwar nicht etwa desswegen, weil es die zuckerhaltige Nährlösung nicht aufnähme, sondern weil die stärkebildenden Kräfte in ihm nicht mehr zu wirken vermögen.

In Zellen, in welchen corrodirte Stärkekörner befindlich sind, muss daher die Stärkebildung frei in der Zellflüssigkeit beginnen. Da aber die Substanz der corrodirten Körner anziehend auf die entstehenden Stärkemicelle wirkt, so legen sich diese nicht zu Anfängen von neuen Körnern zusammen, sondern sie lagern sich auf die Oberfläche der corrodirten Körner. Sobald 3 oder 4 Micellschichten sich aufgelagert haben, so findet bloss noch Einlagerung zwischen den Micellen statt, weil hier nun die Verhältnisse für die Stärkebildung am günstigsten sind.

Die Auflagerung eines Ueberzuges von Stärke auf einem corrodirten Korn ist also ein durch die veränderten Verhältnisse bedingter, vorübergehender Akt, der nicht die Bedeutung des Appositionswachsthums, sondern vielmehr die Bedeutung einer Neubildung hat. Die sich bildende Hülle um das corrodirte Korn ist gleichsam ein neues Korn, welches sich darüber lagert. Diese Hülle wächst durch Intussusception und wird geschichtet in der nämlichen Weise wie ein junges kugeliges Korn. Die innerste Schicht ist nach den Zeichnungen des Verfassers stets breit und weich, sie entspricht dem Kern der normalen Körner.

In einem Schlusswort vergleicht der Verfasser die Stärkekörner mit andern Körpern, um dadurch ihre Natur festzustellen. Hier steigert sich nun die Unklarheit über die molekulare Constitution der organisirten Substanzen, die ich schon Eingangs berührt habe, bis zur Unverständlichkeit. Es ist sehr zu bedauern, dass der Verfasser nicht eine bildliche Darstellung über die Anordnung seiner „Stärkemoleküle“ mit dem umgebenden Wasser beigefügt hat, wie er sie für die mechanische Theorie des Wachs-

thums brauchte, um dann die nämliche Darstellung wieder für die Schlussfolgerungen zu verwerthen. Denn die Construction auf dem Papier ist ja das beste Mittel, Andern etwas begreiflich zu machen, und zugleich auch der Prüfstein für die Sicherheit der eigenen Vorstellung. Man kann ja unklar und unlogisch denken, unklar und diplomatisch schreiben, aber nicht unklar und diplomatisch zeichnen.

Der Verfasser beginnt sein Schlusswort mit der Behauptung, dass die Constitution der Stärkekörner nicht wesentlich abweiche von derjenigen anderer starrer Körper; wir hätten bloss festzustellen, ob sie amorph oder krystallinisch seien, und dies zeige sich in der Cohaesion und in den optischen Eigenschaften; die Cohaesion sei bei amorphen Körpern nach allen Richtungen gleich; die Stärkekörner dagegen seien parallel der Schichtung sehr spröde und senkrecht zu derselben sehr dehnbar; also verhalten sich dieselben wie krystallinische Körper.

Hiezu will ich bloss bemerken, dass wir doch nicht etwa alle Körper in amorphe und krystallinische eintheilen können, sondern dass dieser Unterschied erst Platz greift, wenn im Uebrigen eine übereinstimmende Constitution festgestellt ist. Zunächst hätte also die Molekularstructur der Stärkekörner mit derjenigen unorganischer Körper verglichen werden sollen. Dann hätte sich herausgestellt, dass das Stärkekorn seinem Wesen nach ein ganz anderer Körper ist als ein Sphaerokrystall von Kalk, mit dem es verglichen wird, — dass die Cohaesion in dem Stärkekorn und in einem krystallinischen Körper zwar sich analog äussert, aber eine ganz verschiedene Natur hat und aus verschiedenen Ursachen hervorgeht. Im Krystall wird die Cohaesion bedingt durch die Anziehungen zwischen den Molekülen, im imbibirten Stärkekorn durch die Anziehungen zwischen den durch Wasser getrennten Micellen. Im Krystall besteht Gleichgewicht zwischen den Anziehungen

und Abstossungen der Moleküle unter einander, im Stärkekorn Gleichgewicht zwischen den Anziehungen der Micelle unter einander und den Anziehungen der Micelle zu Wasser. Wenn man auf die Struktur der Körper und auf das Zustandekommen der Cohaesion keine Rücksicht nimmt, so könnte man mit demselben Recht, wegen der ungleichen Cohaesion in verschiedenen Dimensionen, ein Stück Holz oder ein Gewebe aus Leinwand und Baumwolle für krystallinisch erklären.

Im Stärkekorn hat nicht die ganze Masse sondern nur das einzelne Micell vollkommene Analogie mit dem Krystall, und diese Analogie wird bewiesen durch die optischen Eigenschaften, wie ich schon vor Jahren dargethan habe. Wenn man nämlich Abschnitte von Stärkekörnern durch Schneiden erhält, so polarisiren dieselben das Licht, wie es die ganzen Körner thun. Da in einem solchen Fall die Spannungen zwischen den Micellarschichten und ebenso zwischen den einzelnen Micellen fast ganz verschwinden, so können die doppelbrechenden Eigenschaften nicht von Spannungen zwischen den Micellen herrühren, sondern sie müssen in der krystallinischen Natur der Micelle beruhen.

Ich wiederhole dies, weil der Verfasser zwar meiner Ansicht beitritt, aber meinen „Schluss als nicht stichhaltig" erklärt. Ich will auf seine bezüglichen Ausführungen nicht näher eintreten und keine optisch-physikalische Vorlesung halten, sondern mich auf eine Bemerkung beschränken. Der Hauptgrund, warum die Abschnitte von Stärkekörnern nicht beweisend sein sollen, wird aus der Thatsache abgeleitet, dass kleine Bruchstücke von andern Körpern, die nachweisbar in Folge von Spannungen doppelbrechend sind, die doppelbrechenden Eigenschaften behalten. Diese Thatsache soll von mir durchaus nicht bestritten werden; sie war mir von Glassplittern aus schnell abgekühlten Glaskugeln schon bekannt, als ich den Versuch mit den Abschnitten von

Stärkekörnern machte. Aber sie beweist Nichts; denn es handelt sich ja nicht darum, überhaupt zwei Körper mit Spannungen und deren Bruchstücke mit einander zu vergleichen, sondern darum, durch welche Ursachen die Spannungen hervorgebracht werden, welchen Betrag sie erreichen, und ob bei der Zersplitterung des Körpers die Spannungen in Stücken von bestimmter Grösse und Gestalt bis auf einen unmerklichen Betrag verschwinden müssen oder nicht. Wenn ich alles dies erwäge, so muss ich meinen vorhin erwähnten Schluss immer noch als vollkommen stichhaltig betrachten.

Der Verfasser will meinen Beweis durch einen besseren ersetzen, welchen er in der Thatsache zu finden glaubt, dass Stärkekörner in den ersten Stadien des Aufquellens mit zahlreichen radialen Spalten doppelbrechend bleiben. Ich hege bezüglich der Deutung dieser Erscheinung einigen Zweifel, und habe sie daher, als ich die optischen Eigenschaften der Stärkekörner beschrieb, nicht benützt. Es ist nämlich bei einer so complizirten Erscheinung schwer, sich vollständige Rechenschaft von den mechanischen Vorgängen zu geben, denn was der Verfasser darüber sagt, ist lange nicht erschöpfend. Durch das Aufquellen entstehen neue Spannungen, deren Einwirkung auf die früheren Spannungen sich nicht genau übersehen lässt. Die Rissebildung dient zunächst dazu, die Quellungsspannungen zu vermindern. Durch die Risse zerfällt ferner die Substanz in Kugelpyramiden, in denen immer noch Spannungen zwischen den äusseren und inneren Schichten fortbestehen können. Endlich ist zu bemerken, dass beim Aufquellen der Stärkekörner die doppelbrechenden Eigenschaften rasch abnehmen und bald ganz verschwinden, so dass man sogar versucht sein könnte, dieses Verschwinden auf Rechnung der verminderten Spannungen zu setzen. Indess wäre ein solcher Schluss sicher unrichtig, da das Verschwinden der

Doppelbrechung daher rührt, dass die Micelle beim Aufquellen verschoben werden und ihre Orientirung verlieren. Alle diese Umstände zeigen, dass künstlich aufquellende Stärkekörner kein günstiges Beweisobject sind.

Da die Spannungen in den Stärkekörnern zwischen den Schichten bestehen, so werden dieselben in losgetrennten Stücken um so eher verschwinden, je weniger Schichten mit einander zusammenhängen. Desswegen habe ich dünne Abschnitte von grossen Körnern zur Beobachtung verwendet, weil dieselben, je dünner und flacher sie sind, um so eher durch Wassereinlagerung ihre Gestalt verändern können, bis die Spannungen verschwunden sind. Betrachtet man solche Abschnitte unter dem Polarisationsmikroskop genau von der Fläche, so kommen übrigens die Spannungen, auch wenn sie noch vorhanden wären, bei der wahrgenommenen Doppelbrechung gar nicht zur Geltung.

Nachdem der exact geschulte Leser eine Reihe von Ueberraschungen im Verlaufe der Schimper'schen Ausführungen erfahren hat, steht ihm noch die grösste in dem Endergebniss betreffend die Natur der Stärkekörner bevor. Dieselben sollen krystallinische Körper (Sphaerokrystalle) sein, aus radialgestellten Krystallfasern oder faserigen Krystallen, wie sie auch genannt werden, zusammengesetzt, welche als Krystalloide zu betrachten seien.

Dieses Endergebniss tritt mit der ganzen vorausgegangenen Theorie des mechanischen Wachsthums in Widerspruch. Der Verfasser gieng von „Molekülen" (Micellen) aus, die sich als continuirliche Schicht auflagern, Wasser zwischen sich eintreten lassen, dadurch einen Zug auf die innere Masse ausüben und in Folge dessen gewisse Partieen derselben zur Verschleimung veranlassen; von diesen „Molekülen" nimmt er auch am Schlusse noch an, dass sie möglicher Weise radial verlängert seien, und dass dadurch

die vermehrte Wassereinlagerung in den tangentialen Richtungen hervorgebracht werde. — Diese Deduction setzt eine gleichmässige Vertheilung der „Moleküle" in der Fläche einer Schicht voraus. Eine Anordnung derselben in besondere Gruppen, die den Querschnitten von radialen Fasern entsprechen würden, ist ausgeschlossen; das Vorhandensein solcher Gruppen würde eine ganz andere mechanische Theorie verlangen.

Der Verfasser betrachtete also in dem mechanischen Theil seines Aufsatzes die Micelle („Moleküle") als die nächsten Bestandtheile der Stärkekörner, ganz in gleicher Weise, wie ich es in meiner Theorie der Wachsthumsursachen gethan hatte. Schliesslich ignorirt er nun seine ganze mechanische Deduction, wenn er Krystallfasern oder eigentlich Krystalloidfasern als die constituirenden Elemente der Stärkekörner annimmt. Denn ich kann kaum glauben, dass der Ausdruck „die Stärkekörner bestehen aus senkrecht zu den Schichten verlaufenden Krystallfasern" bloss ein Spiel mit Worten, eine unklare ideale Anschauung sei; ich muss mir doch denken, dass die Krystallfasern dem Verfasser reale Dinge sind, Theile des Stärkekorns, die man allenfalls mit ausreichenden Mitteln von einander trennen könnte, dass nach seiner Meinung die Substanz in den Fasern eine grössere Cohaesion hat als die Fasern unter einander, dass die Micelle („Moleküle") in den Fasern eine andere Anordnung besitzen als beim Uebergange von einer Faser zur andern, dass im imbibirten Stärkekorn zwischen den Fasern mehr Wasser eingelagert ist als zwischen den Micellen („Molekülen") der nämlichen Faser.

Sind die „Krystallfasern", welche das Stärkekorn zusammensetzen sollen, in dieser Weise beschaffen, sind es reale Dinge (als bloss ideale Gebilde fänden sie keinen Platz in einer naturwissenschaftlichen Abhandlung), dann hätte die Mechanik des Wachsthums von ihnen als den

nächsten, und nicht von „Molekülen" als den ferneren Bestandtheilen ausgehen sollen. Denn alle Mechanik eines zusammengesetzten Körpers beruht auf den Theilen, die ihn zunächst zusammensetzen, beispielsweise die Mechanik eines Holzbaues auf den Balken (nicht auf den Zellen oder Fasern derselben), die Mechanik eines Zellgewebkörpers auf den Zellen (nicht auf den Micellen oder Molekülen), die Mechanik der Krystalloide auf den Micellen, die Mechanik der Krystalle und der Micelle auf den Molekülen oder Pleonen (Molekülcomplexen).

Die Theorie des Wachsthums der Stärkekörner hätte also die doppelte Aufgabe gehabt, einmal die Entstehung der einzelnen „Krystallfasern" aus den Micellen („Molekülen") und ferner die Entstehung der ganzen Körner aus den zusammentretenden „Krystallfasern" zu entwickeln, und namentlich bezüglich der Mechanik zu zeigen, wie aus der Vereinigung der Fasern mit Nothwendigkeit die in Wirklichkeit vorhandenen und die inneren Umwandlungen bedingenden Spannungen hervorgehen. Von Allem dem ist aber keine Rede; die Schlusstheorie wird weder mit der Anfangstheorie in Beziehung gebracht, noch wird sie begründet und ausgeführt. Wir erfahren nicht einmal, welche Form die angeblichen Fasern besitzen, und welche Länge ihnen im Verhältniss zu der Dicke der dichten und weichen Schichten zukommen soll. Aufklärungen über beide Punkte waren aber nächst liegende Erfordernisse ersten Ranges, um nur eine oberflächliche Vorstellung von der Rolle zu geben, welche die „Krystallfasern" beim Aufbau des Stärkekorns spielen könnten. Die Wichtigkeit der Länge und Anordnung der Fasern für die Bildung einer weichen Schicht in der Mitte einer dichten ist in die Augen springend; und was die Form betrifft, so ständen zwei Möglichkeiten offen. Entweder hätten die „Krystallfasern" die gewöhnliche lineare Gestalt; dann liesse sich daraus leicht eine

negative, unmöglich aber die gegebene positive Spannung je der äusseren Micellarschichten ableiten; — oder sie besässen die ungewöhnliche Form von Pyramiden; dann müsste gezeigt werden, wie und warum diese Pyramiden nach aussen, d. h. nach ihrer Basis hin stets von Neuem sich zerfasern.

Das Endergebniss, welches den Bau des Stärkekorns definirt, passt so wenig zu den früheren Ausführungen und tritt so unmotivirt auf, dass es sich nicht wie ein Ergebniss sondern wie eine neue und unausgeführte These ausnimmt, und zwar nicht wie eine These des Verfassers, sondern eher wie die These eines Gegners, die derselbe dem Verfasser entgegengesetzt. Die Abhandlung schliesst mit einer Dissonanz, die kaum greller sein könnte, und wie sie am wenigsten in der Musik erlaubt ist, welche man exacte Forschung nennt.

Sitzung vom 9. Juli 1881.

Herr A. Vogel spricht:

„Ueber Nicotinbestimmung und Tabakverbrennungsprodukte".

Die beinahe alljährlich sich steigernde Consumtion der Tabaksblätter und der damit sich mehrende Anbau der Tabakspflanze darf die Aufmerksamkeit rechtfertigen, welche von zahlreichen Chemikern diesem narkotischen Genussmittel zugewendet wird. Ich habe daher Veranlassung genommen, eine frühere Versuchsreihe über diesen Gegenstand [1]) neuerer Zeit wieder aufzunehmen und war bestrebt, unter Zugrundelegung und theilweiser Wiederholung meiner Versuche thunlichst die Resultate zu ergänzen. Als eine Lücke meiner damaligen Arbeit (a. a. O.), welche vorzugsweise dem von mir im Tabaksrauche entdeckten Schwefelwasserstoff- und Cyangehalte, dann dem Ammoniak-, Wasser- und Aschengehalte verschiedener Tabaksorten Rechnung getragen, konnte es bezeichnet werden, dass die Bestimmung des Nicotingehaltes nicht berücksichtigt war. Der Hauptgrund jener Unterlassung lag in dem Umstande, dass mir zahlreiche mit der üblichen Methode der Nicotinbestimmung ausgeführte Versuche keine vollkommen entsprechenden Resultate zu liefern schienen. Die ziemlich allgemein ange-

1) Chemisch-technische Beiträge 1860 S. 96.

wendete Methode der quantitativen Bestimmung des Nicotin besteht darin, dass man 10 g feingepulverten Tabaks nach Zusatz von Ammoniak im Verdrängungsapparat durch Aether extrahirt. Nach sechsstündiger Einwirkung wird der abdestillirte Aether in einer Porcellanschaale verdunstet; der aus Nicotin, Fett und Harz bestehende Rückstand wird mit Wasser vermischt und durch Schwefelsäure (100 C. C. Schwefelsäure = 2 g Nicotin) titrirt.

Eine grössere Reihe nach dieser Methode ausgeführter Nicotin-Bestimmungen veranlassten mich zu der Vermuthung, dass auf diesem Wege erhaltene Resultate unter Umständen etwas zu hoch ausfallen. Es erscheint nämlich in der That schwierig, die letzten Reste von Ammoniak, welche zur Extraktion der Tabakblätter verwendet werden, vollkommen durch Verdunsten zu entfernen, namentlich dann, wenn das Ammoniak nicht ganz frei von Kohlensäure ist oder während der mehrstündigen Extraktion Kohlensäure absorbirt hat. Das Verdunsten muss, um Nicotinverlust zu vermeiden, unter der Temperatur des kochenden Wassers vorgenommen werden, — eine Temperatur, bei welcher kaustisches, aber namentlich kohlensaures Ammonium in breiartigen Flüssigkeiten nach meinen Erfahrungen mitunter hartnäckig zurückbleibt. Dass aber in diesem Falle, wo es sich um die alkalimetrische Titrirbestimmung eines dem Ammonium so nahestehenden Alkaloides wie das Nicotin, handelt, diess von nicht unwesentlichem Einfluss sein müsse, bedarf nicht besonderer Erwähnung. Vergleichende Versuche, wobei der Extraktionsrückstand in dem einen Falle stärker in einem anderen Falle schwächer erwärmt worden war, ergab bemerkbare Unterschiede.

Ich habe desshalb die von F. Mayer zur quantitativen Bestimmung der Alkaloide angegebene Methode mit Jodkalium-Quecksilberjodid speciell zur Nicotinbestimmung anzuwenden versucht. Zu dem Ende wurden 13,586 g Queck-

silberchlorid und 49,8 g Jodkalium in Wasser gelöst und zu je 1 Liter verdünnt.

Durch diese $^1/_{10}$ normale Kaliumquecksilberjodidlösung entstehen in saurer, neutraler und schwach alkalischer Lösung der Alkaloide weisse voluminöse Niederschläge, gleichzeitig wird hiedurch auch eine Trennung von Ammon möglich. 1 C. C. dieser $^1/_{10}$ normalen Lösung fällt 0,00405 g Nicotin. Zur Ausführung der Analyse wurden 15 g des zerkleinerten Tabakes in ein Kölbchen gebracht, mit 15 Tropfen verdünnter Schwefelsäure versetzt und soviel Weingeist von 85% hinzugefügt, dass das Gewicht des Alcohols und der Schwefelsäure zusammen 150 g betrug. Das Gewicht des Kölbchens mit Inhalt wurde hierauf notirt, der Tabak bei ca. 60° C. einige Zeit digerirt, worauf wieder gewogen und der durch die Digestion verdunstete Alkohol ersetzt wurde. Von der so erhaltenen Tabaktinktur wurden nun 50 g ($^1/_3$ der Flüssigkeit) abfiltrirt, der Weingeist unter Zusatz von Wasser verdampft. Zu der mit der nöthigen Menge Wasser verdünnten trüben Lösung setzte man nun soviel von der nach oben bereiteten Kaliumquecksilberjodidlösung als noch ein weisser Niederschlag entstand.

Um das Ende der Reaction genau zu erkennen ist es nöthig, sobald man in der Flüssigkeit keine neu entstehende Trübung mehr wahrnehmen kann, nach einigem Stehen etwas von der Flüssigkeit auf ein Uhrglas zu bringen und zu sehen ob ein Zusatz von der Titrirflüssigkeit eine weitere Füllung hervorbringt. Nach einigem Stehen wird der Niederschlag krystallinisch, kann durch Filtriren von der Flüssigkeit getrennt werden und letztere darf mit der Titrirflüssigkeit und einem Tabakauszuge keine weisse Trübung mehr zeigen.

Wenn der Tabakauszug keine durch salpetersaures Silber fällbaren Stoffe enthält, — was sehr häufig der Fall ist —, so kann der Ueberschuss der Kalium-Quecksilber-

jodidlösung ohne vorhergehende Filtration direkt durch eine $^1/_{10}$ oder $^1/_{100}$ normale Silberlösung, nachdem vorher neutrales chromsaures Kali zugesetzt, in bekannter Weise bestimmt werden.

1 C. C. der $^1/_{10}$ normalen Jodquecksilberlösung erfordert 4 C. C. der $^1/_{10}$ normalen oder 40 C. C. der $^1/_{100}$ normalen Silberlösung. Jeder C. C. der $^1/_{10}$ normalen oder jede 10 C. C. der $^1/_{100}$ normalen Silberlösung entsprechen 0,25 C. C. der $^1/_{10}$ normalen Jodquecksilberlösung. Da bei der angegebenen Concentration der Probeflüssigkeit der entstandene Niederschlag durch einen Ueberschuss des Fällungsmittels nicht angegriffen wird, so genügt es, bei reinen Lösungen des Nicotin's die Jodquecksilberlösung im geringen Ueberschuss zuzusetzen und darauf sogleich, nach Zusatz von chromsaurem Kalium, salpetersaure Silberlösung bis zur bleibenden Endreaktion zuzusetzen. Ich habe es zweckmässig gefunden, die Kaliumquecksilberjodidlösung auf eine Nicotinlösung von bestimmtem Gehalte empirisch einzustellen. Herrn M. A. Ekarius, welcher auf meinen Wunsch die Versuche ausführte, bin ich zum besonderen Danke verpflichtet.

Nicotinbestimmungen in solcher Weise mit den verschiedensten Tabaksorten ausgeführt haben durchgehends geringere Quantitäten Nicotin ergeben, als durch die Extraktion mit Ammoniak und Aether; in keiner bis jetzt untersuchten Tabaksorte mehr als 4%, da wie bekannt frühere Angaben von 1 bis 7% wechseln.

Im Kautabak z. B. wurde nach der einen Methode 6, nach der anderen 3,9% Nicotin gefunden. Ob diese Methode mit Kaliumquecksilberjodid in der That der Extraktion mit Aether und Ammoniak vorzuziehen sei, muss sich durch weitere Versuche herausstellen. Die Empfindlichkeit des Kaliumquecksilberjodid ist eine sehr grosse. Mayer gibt schon an, dass durch dieses Reagens $^1/_{25000}$ Nicotin in einer Flüssig-

keit nachgewiesen werden könne. Ich habe nach vielfachen Beobachtungen Grund anzunehmen zu dürfen, dass die Empfindlichkeit noch etwas grösser sei. Lässt man die beiden Flüssigkeiten in der oben angegebenen Weise auf einander einwirken, so entsteht auch bei einer Verdünnung von $^1/_{80,000}$ eine deutlich opalisirende Zone.

Wenn nicht eine quantitative Bestimmung des Nicotin beabsichtigt ist, sondern es sich nur darum handelt, zu entscheiden, ob in der einen oder anderen Tabaksorte der Nicotingehalt grösser oder geringer sei, so genügt es, eine gewogene Menge zerkleinerter Tabakblätter mit kochendem Alkohol auszuziehen und die filtrirten Lösungen zum Vergleiche mit der Probeflüssigkeit bis zur Endreaktion aus graduirtem Rohre zu versetzen.

Nach Abschluss meiner hier erwähnten Versuche über Nicotinbestimmung mittelst Kaliumquecksilberjodid ist eine Mittheilung im neuesten so eben erschienenen Hefte der „Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft" (1881, 27. Juni, Nr. 11) über die Bestimmung der Alkaloide durch Kaliumquecksilberjodid zu meiner Kenntniss gelangt. A. B. Prescolt (Americ. chem. Journ. 1880, II, 294) gibt an, dass das Verhältniss zwischen Alkaloid und Kaliumquecksilberjodid im Niederschlage mit der Dauer der Einwirkung, der Temperatur, der Concentration der Lösung u. s. w. wechselt. In einigen Fällen stimmen die gewichtsanalytisch ermittelten Zahlen mit den volumetrisch ermittelten Aequivalenten nach Prescott's Angabe nicht überein. Hierüber fehlt mir selbstverständlich jede Erfahrung, da ich die principielle Gültigkeit der Methode als feststehend angenommen und es überhaupt nur meine Absicht war, die Methode mit Kaliumquecksilberjodid speciell für Nicotinbestimmung zu versuchen. Ohne im Mindesten die Angaben Prescott's bezweifeln zu wollen — diess um so weniger, da mir zur Zeit die Originalabhandlung zur Einsicht nicht vorliegt, — möchte ich

erwähnen, dass die empirische Einstellung der Reaktionsflüssigkeit eine von der theoretischen Zusammensetzung unabhängige Sicherheit in dem Verhältniss zwischen Alkaloid und Kaliumquecksilberjodid, wie sie bei technischen Bestimmungen erforderlich, darbietet. Uebrigens behalte ich mir vor, auf den Gegenstand zurückzukommen. Nach den von mir oben mitgetheilten Angaben scheint die Methode einer geeigneten Endreaktion nicht zu entbehren.

In Betreff des Nicotin's mag hier als historische Notiz eine von mir in dem berühmten Hohberg'schen Werke (Georgica curiosa [1])) aufgefundene hierher bezügliche Stelle Platz finden: „Merkwürdig ist, dass der Grossherzog zu Florenz eine Essence aus dem Tabak gehabt haben soll, damit man eine Taube gleich hat tödten können, wenn man nur einen Faden darin gefeuchtet und durch den einen Flügel gezogen." Das Nicotin ist meines Wissens von Vauquelin 1809 in den Tabakblättern entdeckt und von Hermbstädt erst 1820 genauer untersucht worden. Nach der oben angeführten Notiz möchte es beinahe scheinen, dass Einzelne von dem charakteristischen Bestandtheile des Tabaks schon weit früher, jedenfalls vor 1716 einige Kenntniss erlangt hatten.

Den Wassergehalt hat die Untersuchung von 10 Tabaksorten — Trocknen bei 100° C im Luftstrom — zu 8,3 % ergeben. Bei 100° C getrockneter Tabak hat grosse Neigung von neuem Wasser aufzunehmen; einen Tag im Keller ausgebreitet zeigte derselbe schon einen Wassergehalt von 12,2%, und nach 3 Tagen war der Wassergehalt auf 16% gestiegen. Ein noch längerer Aufenthalt im Keller bewirkte keine weitere Gewichtszunahme, die erwähnte Aufnahme scheint daher die äusserste Grenze der Wasserabsorption zu sein, wenigstens bei dem im bezeichneten Lo-

1) Theil III, Buch 7, S. 50, 1716.

kale gerade bestehenden Feuchtigkeitsgrade der Atmosphäre, welche selbstverständlich auf die Wasserabsorption nicht ohne Einfluss sein kann. Im Allgemeinen resultirt aus den angegebenen Versuchen der getrocknete Tabak als eine nicht unbedeutend hygroskopische Substanz.

Ein gewisser Wassergehalt ist nach meinem Dafürhalten in den fertiggestellten Tabaksorten ein wesentlicher Faktor. Obgleich eine vollständige wissenschaftlich begründete Theorie der Vorgänge bei Zubereitung des Tabakes zur Zeit noch nicht existirt, so kennen wir doch als das Wesentliche hiebei eine bei + 35° C verlaufende Gährung, durch welche zum grössten Theile die albuminartigen Bestandtheile des Blattes zerstört, dagegen charakteristisch riechende Aetherarten, die man nicht unpassend mit dem Bouquet des Weines verglichen, erzeugt werden. Wenn nun dieser Gährungsvorgang allerdings zum grössten Theile in den befeuchteten und auf Haufen geschlagenen Blättern stattfindet, ausserdem noch durch die Behandlung der Blätter mit besonders für diesen Zweck zubereiteten Beizen wesentlich gefördert wird, so ist doch hiezu immerhin ein gewisser Feuchtigkeitsgrad unbedingt nothwendig. Beim langsamen Trocknen an der Luft bleiben stets 8 bis 10% Wasser unberührt und ich zweifle nicht, dass dieser Wassergehalt bei dem Ablagern, wodurch notorisch Wertherhöhung erzielt wird, eine wichtige Rolle übernimmt, indem bei diesem obwohl sehr vermindertem Feuchtigkeitsgrade der Vorgang der Gährung, wenn auch langsam, doch immerhin fortschreitet, während durch rasche künstliche Trocknung die Gährungserscheinungen gänzlich unterbrochen werden.

Die Aschenbestimmung mit 10 verschiedenen Rauchtabaksorten vorgenommen ergab durchschnittlich 21,1%, in 7 Sorten Cigarren 20,2%. Man kann das Gewicht der gewöhnlichen Cigarre zu 5 g annehmen, das einzelne Stück hinterlässt daher ungefähr 1 g Asche. Die Tabakasche

enthält in runden Zahlen 40 % Kalkerde und 30 % Kali. Die Reaktion auf Phosphorsäure mittelst molybdänsaurem Ammoniak ist eine überaus deutliche, der Phosphorsäureprocentgehalt beträgt ungefähr 4. Hiernach erscheint diese Asche für landwirthschaftliche Zwecke nicht ohne Bedeutung, was bei der grossen Menge der resultirenden Asche Berücksichtigung verdient.

Eine andere Versuchsreihe hatte zum Zweck, die Menge des Ammoniaks in den Verbrennungsprodukten des Tabaks und somit die dem Raucher durch gewogene Quantitäten zugeführten Ammoniakmengen zu bestimmen. Bekanntlich wird geröthetes Lakmuspapier durch darauf geleiteten Tabakrauch blau gefärbt. Diese Bestimmung geschah in meinen früheren Versuchen [1]) dadurch, dass man die Verbrennungsprodukte verschiedener Sorten von Tabakblättern mittelst einer besonders dazu hergestellten Vorrichtung durch eine kalt gesättigte alkoholische Lösung von Weinsäure geleitet. Der Rauch, welcher durch die Lösung hindurchgeströmt war, zeigte vollkommen neutrale Reaktion zum Beweise, dass die ganze Menge des Ammoniaks in der Weinsäure vollständig zurückgehalten war. Der mit Alkohol hinreichend ausgewaschene krystallinische, weisse Niederschlag hat sich als saures weinsaures Ammoniumoxyd ergeben. Da dieses Salz in 100 Theilen 15,5 Theilen Ammoniumoxyd entspricht, so konnten daraus die für verbrannte Mengen Tabak erhaltenen Procente berechnet werden. Das vollständige Auswaschen des Niederschlags mit Alkohol und Trocknen des sauren weinsauren Ammoniaks bei 100° C ist immerhin etwas zeitraubend. Ich habe daher die gewichtsanalytische Bestimmung durch ein Titrirverfahren ersetzt. Zu dem Ende bringt man in den Rauchapparat eine gemessene Menge, 10 bis 12 C. C., einer

1) Chemisch-technische Beiträge S. 96.

kalt gesättigten alkoholischen Lösung von Weinsäure. Nach dem Durchleiten einer bestimmten Menge Rauches wird der Niederschlag von saurem weinsaurem Ammoniak auf ein Filtrum gespült, mit Alkohol nachgewaschen und diese Lösung mit Normalnatron titrirt. Aus der Differenz im Verbrauche des Normalnatron's vor und nach dem Durchrauchen ergibt sich die Menge des Ammoniaks.

In dieser Weise wurden 10 Sorten Rauchtabak und 10 Sorten verschiedenwerthiger Cigarren untersucht. Als Durchschnittszahl ergab sich für die Tabaksorten ein Ammoniakgehalt im Rauche zu 0,591 %, für die Cigarren zu 0,794 %. Die Erhöhung des Procentgehaltes im letzteren Falle dürfte sich wohl durch den Umstand erklären, dass zur Cigarrenfabrikation stets weit stärkere Tabaksorten gewählt werden. Die einzelnen Versuchszahlen sind bei den Cigarren nahe übereinstimmend, gehen dagegen bei den untersuchten Tabaksorten ziemlich weit auseinander, veranlasst durch die verschiedene Art der Verbrennung. Ob indess der Ammoniakgehalt des Tabakrauches überhaupt zu dem Werthe der Sorten in gewisser Beziehung stehe, — diess mit Sicherheit zu entscheiden, muss weiteren ausgedehnten Versuchen vorbehalten bleiben. Jedenfalls ergiebt sich aus diesen Zahlen, dass bei starkem Gewohnheitsrauchen dem Organismus immerhin eine nicht unbedeutende Menge von Ammoniak durch den Rauch zugeführt wird.

Aus den Versuchsresultaten kann gefolgert werden, dass die Art des Verbrennens auf den Ammoniakgehalt des Rauches nicht ohne Einfluss sei. Dieselbe Tabaksorte durch Thoncylinder und zum Vergleiche durch Glascylinder geraucht ergab eine Differenz des sauren weinsauren Ammoniaks von 7 : 9, die Differenz in Cigarrenform und aus verschlossenen Pfeifen gerauchten Tabaks ist noch bedeutender, sie verhält sich wie 3 : 9. Es erklärt sich hieraus die Thatsache, dass starke türkische Tabaksorten bekanntlich als Cigaretten

sehr wohl geraucht werden können, während bei Verbrennung im verschlossenen Raume die Verbrennungsprodukte zu stark ammoniakalisch auftreten. Diess dürfte wohl damit zusammenhängen, dass bei der einen Art durch allseitigen Luftzutritt die Verbrennung eine weit vollständigere ist, als bei der anderen, welche einer trocknen Destillation näher steht. Diess bestätigt sich besonders durch die angegebene Erfahrung, dass die Verbrennungsprodukte aus porösem Thon weniger ammoniakhaltig sind, als die aus Glasgefässen, welche den seitlichen Luftzutritt gänzlich ausschliessen. —

Dass in den Verbrennungsprodukten der Tabakblätter Schwefelwasserstoff vorhanden — die Gegenwart des Schwefelwasserstoffs im Tabakrauche habe ich schon früher nachgewiesen [1]) — ergibt sich sehr einfach daraus, dass Tabakblätter in einem Proberohre erhitzt ein darüber gehaltenes Bleipapier alsbald braun färben. Auch die auf gewöhnliche Weise hergestellte Tabakasche — durch Einäschern im offenen Platintiegel — entwickelt mit Salzsäure behandelt nicht selten bemerkbaren Schwefelwasserstoff. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass diese Bildung von Schwefelwasserstoff beim Einäschern auf die Genauigkeit der Schwefelsäurebestimmung in Pflanzentheilen unter Umständen nicht ohne Einfluss bleiben könne. Behandelt man Tabakblätter mit Salpeter-Salzsäure in der Wärme, so löst sich nach und nach das Tabakpulver vollkommen auf. Die Bestimmung der Schwefelsäure in dieser sauren Lösung mittelst Chlorbaryum ergibt stets etwas höhere Resultate für die Schwefelsäurebestimmung, als dieselbe sich in der Asche herausstellt. Von 100 Theilen im Tabak enthaltener Schwefelsäure entziehen sich ungefähr 6 bis 8 % der Fällung durch Chlorbaryum aus der Asche.

---

1) a. a. O. S. 108.

Wiederholt ist behauptet worden, dass der Werth des Tabaks, d. h. dessen angenehmer Geruch und aromatischer Geschmack von dem Gehalte an Nicotianin abhängig ist, während die Quantität des Nicotin's in den Tabakblättern wie bekannt zur Qualität des Tabaks in keiner, oder sogar in umgekehrter Beziehung steht. Dieser Körper ist vorläufig noch nicht vollständig untersucht,[1]) wie es scheint wegen der äusserst geringen Menge seines Vorkommens in den Tabaksblättern. Nach einer angestellten Berechnung würden zur Ausbeute eines Gramms Nicotianin ungefähr 25 Pfund Tabakblätter mit Wasser destillirt werden müssen. Nach Wagner [2]) ist das Nicotianin möglicherweise mit dem Cumarin ($C_9 H_8 O_2$), einem Stoffe identisch, der in den Tonkabohnen (Dipterix odorata), im Waldmeister (Asperula odorata), im Melilotus officinalis und Anthoxanthum odoratum, sowie in den Fahamblättern (Angraecum fragrans) und in den Blättern von Liastris odoratissima (aus der Familie der Asteraceen) sich findet. Daher vielleicht auch instinktmässig die Anwendung der Tonkabohnen zum Aromatisiren des Tabaks und die des Melilotus zum Beimengen des Rauchtabaks, wie es in Ungarn häufig geschieht. Vielleicht hat die in der neueren Zeit ausserordentlich in Aufnahme gekommene, aber sorgfältigst geheim gehaltene Anwendung der aus Harn bereiteten Benzoësäure bei der Tabakfabrikation den Zweck, ein Surrogat für den geringen Nicotianingehalt der schlechteren Tabaksorten abzugeben.

Um die Gegenwart von Nicotianin in Tabakblättern nachzuweisen, habe ich feinzertheilte Blätter mit dem zehnfachen warmen destillirten Wasser übergossen und nach einigen Stunden Digestion aus einer Retorte destillirt. Es geht ein Destillat über, wenig gelblich gefärbt, von ange-

1) Magaz. für Pharmacie, 24, S. 138.
2) Handbuch der chem. Technologie S. 171.

nehmem Geruch und bitterlich aromatischem Geschmack, auf dessen Oberfläche sich durchsichtige schuppenartige Blätter abscheiden. Eine starke Abkühlung der Vorlage von Beginn der Destillation an schien mir nothwendig, indem bei der leichten Verflüchtigung der Blättchen in mässiger Wärme eine Verringerung der Quantität eintreten könnte. Die überdestillirte Flüssigkeit selbst reagirt schwach alkalisch, bringt man aber geröthetes Lakmuspapier freihängend unter Korkverschluss über die Flüssigkeit, so tritt alsbald Blaufärbung ein. Ohne einer späteren Mittheilung über diesen Gegenstand vorgreifen zu wollen, mag nur vorläufig erwähnt werden, dass bei verschiedenen Tabaksorten die Menge der durch Destillation mit Wasser abgeschiedenen Blättchen sich sehr verschieden ergeben hat. Während anerkannt werthvolle Sorten krystallinische Abscheidung in deutlicher Menge zeigten, ergaben die schlechteren Sorten, sogenannter Kneller, fast keine bemerkbare Abscheidung. Wenn hiernach der Werth des Tabaks in der That mit dem Gehalte an Nicotianin in gewissem Zusammenhange zu stehen scheint, so dürfte es genügen ungefähr 100 g der zu untersuchenden Blätter mit Wasser zu destilliren, um aus der Menge des ausgeschiedenen Tabakcampher's einen Anhaltspunkt für Werthbeurtheilung zu gewinnen. Indess ist die allgemein angenommene Bedeutung des Nicotianin's für das Aroma des Tabaks durch die neueren Beobachtungen Le Bon's (Journ. de Thérap.), die ich wiederholt zu bestätigen Gelegenheit hatte, etwas verringert worden. Leitet man nämlich Tabakrauch mittelst eines Aspirators durch Schwefelsäure, so wird selbstverständlich Nicotin, Nicotianin und Ammoniak von der Säure vollständig absorbirt. Dieser durch Schwefelsäure geleitete Tabakrauch hat aber ungeachtet der Abgabe der genannten flüchtigen Substanzen auch jetzt noch einen sehr angenehmen Geruch, welcher sich vorgeschlagenem Wasser beim

Durchleiten zutheilt und demselben in verschlossenen Gefässen aufbewahrt lange Zeit erhalten bleibt. Es kömmt hier demnach ausser dem Nicotianin noch eine andere flüchtige, von Säuren nicht absorbirbare aromatische Substanz in Betracht, welche bei feineren Tabaksorten in grösserer Menge, als in geringeren, auftreten soll. Jedenfalls verdient diese Angabe weitere experimentelle Berücksichtigung.

Endlich sehe ich mich noch an dieser Stelle zu einigen Bemerkungen veranlasst über den von mir im Jahre 1860 zuerst im Tabakrauch nachgewiesenen Cyangehalt.[1]) Derselbe ist bald nach Veröffentlichung meiner Arbeit mitunter in Zweifel gezogen worden. Eine Erwiderung hierauf hielt ich nicht für nöthig, da ich ganz sicher war, dass ein jeder Chemiker, der sich nach meinen Angaben mit dem Gegenstande beschäftigen würde, sich in der Folge von der Richtigkeit der Thatsache überzeugen müsse. Gegenwärtig scheint der Cyangehalt des Tabakrauches allgemein und allenthalben anerkannt zu sein. Le Bon (a. a. O.) gibt an, dass 100 g des gewöhnlichen Tabaks 3 bis 4 mg, türkischer Tabak dagegen 7 bis 8 mg Blausäure enthalte. Die hier gefundenen Quantitäten stimmen mit meinen früheren Resultaten nicht ganz überein, welche höhere Zahlen zeigten. Ich habe bei meiner früheren Arbeit auf die ungefähre quantitative Bestimmung des Cyan's keinen besonderen Werth gelegt, da es mir vorläufig von hinreichendem Interesse schien, in den Verbrennungsprodukten des Tabaks, — eines Genussmittels des täglichen Lebens — auf das Entschiedenste Cyan nachgewiesen zu haben. Ausserdem hatte ich mir vorbehalten, auf die quantitative Bestimmung des Cyan's im Tabakrauche in der Folge ausführlicher zurückzukommen. Meine später wieder aufgenommenen Versuche

---

1) Chem.-techn. Beiträge S. 109.

haben in den meisten Tabaksorten 7 bis 9 mg Cyan pro 100 g Tabak ergeben, nur in einer Sorte, welche zufällig Jahre lang in unbedeckter Aufbewahrung abgelagert war, erschien die Menge sehr wesentlich vermindert. Auch die Art des Rauchens der Tabakblätter, überhaupt die Art der Verbrennung, scheint wie ich schon (a. a. O.) gezeigt habe, auf die Bildung der Blausäure im Tabakrauche nicht ohne Einfluss zu sein. Hiernach dürfte es wohl schwierig sein eine quantitative Angabe des Cyangehaltes im Tabakrauche von allgemeiner Gültigkeit festzustellen. Das Vorkommen des Cyans im Tabakrauche ist übrigens a priori gerade nicht auffallend, da dasselbe ja, wie man weiss, unter den Destillationsprodukten von Steinkohlen und Torf in sehr reichem Maasse vorkömmt, ja sogar die Darstellung der Blausäure aus Steinkohlen in Frankreich patentirt ist. „Aus 100 kg Gaskalk können 15 g Berlinerblau erhalten werden" nach einer Mittheilung Krafft's (Dingler's polytechn. Journal B. 135 S. 393).

Wenn es sich um den Nachweis des Cyan's im Tabakrauche handelt, ist dessen Abscheidung in Form von Berlinerblau, wie ich diess schon früher angegeben, die einfachste und sicherste Methode. Zu dem Ende leitet man mittelst eines Aspirators Tabakrauch durch eine concentrirte Lösung von kaustischem Kali im langsamen Strome hindurch. Zum einzelnen Versuche scheint es geeignet mindestens 30 g zu verwenden. Die Lösung färbt sich dadurch meistens schwach braun, und muss, wenn beim Verdünnen mit Wasser eine Trübung entsteht, filtrirt werden. Hierauf versetzt man die Lösung mit schwefelsaurem Eisenoxyd-Oxydul und erwärmt. Dabei findet eine starke Kohlensäureentwicklung statt. Nach Behandlung des erhaltenen Niederschlages mit überschüssiger Salzsäure löst sich das gefällte Eisenoxyd-Oxydul unter Zurücklassung von Berlinerblau. Ist das durch Auswaschen mit Wasser

und Alkohol erhaltene Berlinerblau durch die brenzlichen Bestandtheile des Tabakrauches noch schmutzig grün gefärbt, so muss es durch Schütteln mit Aether und Alkohol von dieser Verunreinigung befreit werden, worauf es in seiner charakteristischen tief dunkelblauen Färbung auf dem Filtrum zurückbleibt. Auf Vernachlässigung dieser Manipulation beruhen wohl mitunter die Misserfolge in dem Nachweise des Cyan's im Tabakrauche. Am schönsten wird das Berlinerblau durch Regeneration erhalten, wenn man das auf dem Filtrum befindliche möglichst vollständig ausgewaschene Berlinerblau mit verdünnter Kalilauge zersetzt und in die vom Eisenoxyde abfiltrirte Lösung ein Eisenoxyd-Oxydulsalz bringt, wodurch es nach der Behandlung mit Salzsäure von fremden Beimengungen befreit sehr rein zurückbleibt.

Herr v. Jolly theilt mit und bespricht eine Abhandlung von Herrn E. Lommel:

„Theorie der Drehung der Polarisationsebene".

In den folgenden Zeilen gedenke ich zu zeigen, dass die Lichttheorie, welche ich in mehreren früheren Abhandlungen[1]) aufgestellt habe, die Drehung der Polarisationsebene, und zwar sowohl die magnetische als die natürliche, in sehr einfacher Weise erklärt. Jener Theorie liegen folgende Vorstellungen zu Grunde: 1) der zwischen den Körpermolekülen enthaltene Aether ist von derselben Beschaffenheit wie der freie Aether; insbesondere ist derselbe unzusammendrückbar; 2) zwischen Aether- und Körpertheilchen findet eine der Reibung analoge Wechselwirkung statt, welche ihrer relativen Geschwindigkeit proportional ist; 3) auf jedes Körpertheilchen wirken die ihm eigenthümlichen elastischen Kräfte, und 4) ein seiner Geschwindigkeit proportionaler Widerstand.

Dieser Widerstand, welchen man etwa durch die dem Molekül als integrirender Bestandtheil zugehörige Aetherhülle hervorgebracht denken kann, ist für ein Molekül von gewöhnlicher Beschaffenheit nach allen Richtungen hin der nämliche. Kreist aber um das Molekül ein elektrischer Strom, oder ist dasselbe schraubenförmig gebaut, so muss dieser Widerstand nach verschiedenen Richtungen ver-

1) Wied. Ann. 3. p. 251 u. 339. 1878; 4. p. 55. 1878.

schieden, und zwar für Bewegungen rechts herum ein anderer sein als für Bewegungen links herum.

Um die Gesetze der Wellenbewegung in Körpern von von solcher Beschaffenheit darzustellen, ist es daher nur erforderlich, in den Bewegungsgleichungen der Moleküle das auf den molekularen Widerstand bezügliche Glied derart zu vervollständigen, dass es jene Verschiedenheit hinsichtlich rechts- und linksherum gehender Bewegungen zum Ausdruck bringt, während die Gleichungen für die Bewegung des Aethers ungeändert bleiben.

I. Die magnetische Drehung der Polarisationsebene.

Bezeichnen x, y, z die rechtwinkligen Coordinaten der gemeinschaftlichen Gleichgewichtslage der in demselben Volumenelemente enthaltenen Körpermasse m und Aethermasse μ, und x', y', z', ξ', η', ζ' ihre resp. Coordinaten nach eingetretener gegenseitiger Verschiebung, so gilt in einem isotropen, von magnetischen Kräften nicht beeinflussten Mittel für die Bewegung der Körpermasse m parallel der x-Axe die Gleichung:

$$m\frac{d^2(x'-x)}{dt^2} = -2\,Km\frac{d(x'-x)}{dt} - mp^2(x'-x) - 2m\nu\left(\frac{d\xi'}{dt} - \frac{dx'}{dt}\right)$$

und für die Bewegung des Aethers nach derselben Richtung die Gleichung:

$$\mu\frac{d^2(x-\xi')}{dt^2} = \omega^2\left(\frac{d^2(x-\xi')}{dx^2} + \frac{d^2(x-\xi')}{dy^2} + \frac{d^2(x-\xi')}{dz^2}\right) + 2m\nu\left(\frac{d\xi'}{dt} - \frac{dx'}{dt}\right),$$

in welchen das mit der Constanten ν multiplicirte Glied die Wechselwirkung zwischen Aether und Körpertheilchen, das mit k behaftete Glied den molekularen Widerstand aus-

drückt. Analoge Gleichungen entsprechen den Bewegungen parallel der y- und z-Axe. Zu diesen sechs Gleichungen kommt noch hinzu die Bedingung für die Unzusammendrückbarkeit des Aethers:

$$\frac{d(x-\xi')}{dx}+\frac{d(y-\eta')}{dy}+\frac{d(z-\zeta')}{dz}=o,$$

welche fordert, dass die Aetherschwingungen in der Wellenebene oder transversal erfolgen.

Wählen wir die Normale der Wellenebene als z-Axe, so ist $z-\zeta'=o$; die auf die z-Axe bezüglichen Bewegungsgleichungen sind alsdann von selbst erfüllt, und die noch übrigen den beiden andern Axen entsprechenden Gleichungen dienen zur Bestimmung der Verschiebungen als Functionen von z und t.

Werden nun durch eine zur Wellennormale (z-Axe) parallele magnetisirende Kraft-Molekularströme inducirt (wie bei diamagnetischen Körpern), oder vorhandene Molekularströme gerichtet (wie bei magnetischen Körpern), so bewirken diese kleinen Stromkreise, deren Ebenen zur Wellenebene parallel sind, dass der nach der x-Axe gerichtete molekulare Widerstand nicht blos von der x-Componente, sondern auch von der y-Componente der Geschwindigkeit abhängig wird, und sonach die Form

$$-2\,Km\,\frac{d(x'-x)}{dt}-2\,\delta m\,\frac{d(y'-y)}{dt}$$

annimmt, wo 2δ ein von der Stärke der Molekularströme abhängiger Coefficient ist; dasselbe gilt von dem nach der y-Axe gerichteten Widerstand, welcher, weil diese Kräfte durch eine beliebige Drehung um die z-Axe ungeändert bleiben, sich nothwendig in der Form

$$-2\,\dot{K}m\,\frac{d(y'-y)}{dt}+2\,\delta m\,\frac{d(x'-x)}{dt}$$

darstellt.

Bildet die Richtung der magnetisirenden Kraft mit der Fortpflanzungsrichtung der Welle, und sonach auch die Ebene der Molekularströme mit der Wellenebene einen Winkel α, so kommt von jedem Strömchen nur die in die Wellenebene fallende Componente zur Wirkung, und man hat $2\delta\cos\alpha$ statt 2δ zu setzen. Dabei denken wir uns die Normale der Stromebene stets nach der Seite errichtet, von welcher aus gesehen der Strom in der Richtung des Uhrzeigers kreist.

Die Bewegungsgleichungen der Körpertheilchen (1) und des Aethers (2) ergeben sich daher wie folgt:

$$(1)\begin{cases} m\dfrac{d^2(x'-x)}{dt^2} = -2\,Km\dfrac{d(x'-x)}{dt} - 2\delta\cos\alpha . m\dfrac{d(y'-y)}{dt} \\ \qquad - mp^2(x'-x) - 2m\nu\left(\dfrac{d\xi'}{dt} - \dfrac{dx'}{dt}\right), \\ m\dfrac{d^2(y'-y)}{dt^2} = 2\delta\cos\alpha . m\dfrac{d(x'-x)}{dt} - 2\,Km\dfrac{d(y'-y)}{dt} \\ \qquad - mp^2(y'-y) - 2m\nu\left(\dfrac{d\eta'}{dt} - \dfrac{dy'}{dt}\right), \end{cases}$$

$$(2)\begin{cases} \mu\dfrac{d^2(x-\xi')}{dt^2} = \omega^2 . \dfrac{d^2(x-\xi')}{dz^2} + 2m\nu\left(\dfrac{d\xi'}{dt} - \dfrac{dx'}{dt}\right), \\ \mu\dfrac{d^2(y-\eta')}{dt^2} = \omega^2 . \dfrac{d^2(y-\eta')}{dz^2} + 2m\nu\left(\dfrac{d\eta'}{dt} - \dfrac{dy'}{dt}\right). \end{cases}$$

Man genügt diesen Gleichungen, indem man

$$(3)\begin{cases} x-\xi' = Al, \quad y-\eta' = Bl, \\ x'-x = Ll, \quad y'-y = Ml, \\ l = e^{-(K+\frac{q}{c}i)z + qit} \end{cases}$$

in sie einsetzt, und die Constanten A, B, L, M, ferner das Absorptionsvermögen K und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit c in geeigneter Weise bestimmt. Die Grösse 9, d. i. die

mit 2π multiplicirte Schwingungszahl der fortgepflanzten Welle, ist als gegeben anzusehen.

Die Gleichungen (2) nehmen nach Substitution jener Werthe die folgende Gestalt an:

$$\mu q^2 + \omega^2 \left(K + \frac{q}{c} i\right)^2 - 2m\nu qi\left(1 + \frac{L}{A}\right) = o,$$

$$\mu q^2 + \omega^2 \left(K + \frac{q}{c} i\right)^2 - 2m\nu qi\left(1 + \frac{M}{B}\right) = o;$$

sie können gleichzeitig nur bestehen, wenn

$$(4) \qquad \frac{L}{A} = \frac{M}{B} = \varrho$$

gesetzt wird, und ziehen sich alsdann auf die einzige:

$$(5) \quad \mu q^2 + \omega^2 \left(K + \frac{q}{c} i\right)^2 - 2m\nu qi(1 + \varrho) = o$$

zurück.

Aus den Gleichungen (1) dagegen erhält man nach Einsetzung der Werthe (3) die folgenden zwei Bedingungen:

$$(6) \quad \begin{cases} \left(p^2 - q^2 + 2(k-\nu)qi\right) L = -2\delta\cos\alpha . qi\, M + 2\nu qi\, A, \\ \left(p^2 - q^2 + 2(k-\nu)qi\right) M = 2\delta\cos\alpha . 9i\, L + 2\nu qi\, B. \end{cases}$$

Multiplicirt man die erste derselben mit B, die zweite mit A, und zieht sie von einander ab unter Beachtung der Relation (4), so ergibt sich

$$2\delta\cos\alpha . qi\,(AL + BM) = o,$$

oder

$$(7) \qquad AL + BM = o.$$

Addirt man aber die Gleichungen (6), nachdem man die erste mit A, die zweite mit B multiplicirt hat, so erhält man mit Rücksicht auf (4) und (7):

$$(8) \qquad A^2 + B^2 = o,$$

woraus:

(8a) $$B = \pm Ai,$$

und alsdann vermöge (7):

(7a) $$M = \pm Li$$

folgt. Nach Einführung dieser Werthe liefert jede der Gleichungen (6):

$$(9)\quad \frac{L}{A} = \varrho = \frac{2\nu q i}{p^2 - q^2 + 2(k-\nu)qi \pm 2\delta\cos\alpha . q},$$

folglich, wenn man

$$(10)\qquad \varrho = \sigma + \tau i$$

setzt:

$$(11)\quad \begin{cases} \sigma = \dfrac{4\nu(k-\nu)q^2}{(p^2 - q^2 \pm 2\delta\cos\alpha . q)^2 + 4(k-\nu)^2 q^2}, \\ \tau = \dfrac{2\nu q(p^2 - q^2 \pm 2\delta\cos\alpha . q)}{(p^2 - q^2 \pm 2\delta\cos\alpha . q)^2 + 4(k-\nu)^2 q^2}. \end{cases}$$

Substituirt man nun $\varrho = \sigma + \tau\iota$ in die Gleichung (5), so zerfällt dieselbe durch Scheidung des Reellen vom Imaginären in die zwei Gleichungen:

$$(12)\qquad \frac{1}{C^2} - \frac{K^2}{9^2} = \frac{\mu}{\omega^2}\left(1 + \frac{2m\nu\tau}{\mu q}\right),$$

$$(13)\qquad 2 . \frac{K}{q} . \frac{1}{c} = \frac{\mu}{\omega^2} . \frac{2m\nu}{\mu q}(1 + \sigma),$$

aus welchen sich, wenn man der Kürze wegen

$$1 + \frac{2m\nu\tau}{\mu q} = P \quad \text{und} \quad \frac{2m\nu}{\mu q}(1+\sigma) = Q$$

setzt, und $\dfrac{\omega}{\sqrt{\mu}}$ (die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts im freien Aether) $= 1$ annimmt, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit c und der Absorptionscoefficient K wie folgt ergeben;

$$(14) \qquad \frac{1}{c^2} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{P^2+Q^2}+P\right),$$

$$(15) \qquad \frac{K^2}{9^2} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{P^2+Q^2}-P\right),$$

worin

$$(16) \quad P = 1 + \frac{4m\nu^2}{\mu} \cdot \frac{p^2 - q^2 \pm 2\,\delta\cos\alpha.q}{(p^2 - q^2 \pm 2\,\delta\cos\alpha.q)^2 + 4\,(k-\nu)^2 q^2},$$

$$(17) \quad Q = \frac{2m\nu}{\mu 9} \cdot \frac{(p^2 - q^2 \pm 2\,\delta\cos\alpha.q)^2 + 4\,k\,(k-\nu)\;q^2}{(p^2 - q^2 \pm 2\,\delta\cos\alpha.q)^2 + 4\;\;(k-\nu)^2\,q^2}$$

ist Man erhält also, entsprechend dem doppelten Vorzeichen des mit δ behafteten Gliedes, zwei Werthe c' und c'' für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, und zwei zugehörige Werthe K' und K'' für das Absorptionsvermögen.

Die gleichzeitigen Bewegungen der Aether- und der Körpertheilchen werden nun durch die reellen Theile der Ausdrücke (3) dargestellt. Bezeichnen wir zur Abkürzung die Verschiebungen der ersteren mit ξ_1 und η_1, die der letzteren mit x_1 und y_1, so erhalten wir für die Körpertheilchen, da $L = A\varrho$ ist:

$$(18') \quad \begin{cases} x'_1 = AR'e^{-K'z}\cos(qt - \frac{q}{c'}z + \psi'), \\ y'_1 = AR'e^{-K'z}\sin(qt - \frac{q}{c'}z + \psi'), \\ \text{wo} \\ R' = \dfrac{2\nu q}{\sqrt{(p^2 - q^2 + 2\,\delta\cos\alpha.q)^2 + 4(k-\nu)^2 q^2}}, \\ \operatorname{cotg}\psi' = \dfrac{2\,(k-\nu)\,q}{p^2 - q^2 + 2\,\delta\cos\alpha.q} \end{cases}$$

ist, und

$$(18'')\begin{cases} x_1'' = \quad AR''e^{-K''z} \cos(\\ y_1'' = -AR''e^{-K''z} \sin(\\ \text{mit} \\ R'' = \dfrac{}{\sqrt{(p^2 - q^2 - 2}} \\ \operatorname{cotg} \psi'' = \dfrac{2(k - \nu}{p^2 - q^2 - 2(} \end{cases}$$

Die Bewegungen der Aetherth
ausgedrückt durch die beiden Paar

$$(19)\begin{cases} \xi_1' = \quad Ae^{-K'z} \cos(qt - \frac{(}{(} \\ \eta_1' = \quad Ae^{-K'z} \sin(qt - \frac{(}{c} \\ \xi_1'' = \quad Ae^{-K''z} \cos(qt - \frac{(}{c} \\ \eta_1'' = -Ae^{-K''z} \sin(qt - \frac{(}{c} \end{cases}$$

welche ersichtlich zwei entgegenge
sirte Strahlen darstellen, die sich
schwindigkeiten fortpflanzen, und in
sorption ungleiche Amplituden habe

Nehmen wir an, die Absorpti
$K = o$ gesetzt werden darf, so verei
Gleichungen zu:

$$(20)\begin{cases} \xi_1' = \quad A\cos(qt - \frac{q}{c'} z), \quad \eta_1' \\ \xi_1'' = \quad A\cos(qt - \frac{q}{c''} z), \quad \eta_1' \end{cases}$$

und die Componenten der geradlinigen Schwingung, zu welchen sich die beiden kreisförmigen Bewegungen nach Durchlaufung des Weges z zusammensetzen, sind:

$$(21)\quad \begin{cases} \xi_1' + \xi_1'' = 2\,A \cos\left(\frac{q}{c''} - \frac{q}{c'}\right)\frac{z}{2} \\ \qquad . \cos\left(qt - \left(\frac{q}{c'} + \frac{q}{c''}\right)\frac{z}{2}\right), \\ \eta_1' + \eta_1'' = 2\,A \sin\left(\frac{q}{c''} - \frac{q}{c'}\right)\frac{z}{2} \\ \qquad . \cos\left(qt - \left(\frac{q}{c'} + \frac{q}{c''}\right)\frac{z}{2}\right). \end{cases}$$

Bezeichnen wir mit Δ den Winkel, welchen diese Schwingung mit der ursprünglichen Schwingungsrichtung (bei $z = o$) bildet, so ist

$$\mathrm{tg}\,\Delta = \frac{\eta_1' + \eta_1''}{\xi_1' + \xi_1''} = \mathrm{tg}\left(\frac{q}{c''} - \frac{q}{c'}\right)\frac{z}{2}.$$

Es hat demnach eine Drehung der Schwingungsebene stattgefunden im Betrage von

$$(22)\qquad \Delta = \left(\frac{q}{c''} - \frac{q}{c'}\right)\frac{z}{2}.$$

Ist aber die Absorption so unbedeutend, dass K als verschwindend angesehen werden kann, so gilt dasselbe auch von Q, und man hat

$$\frac{1}{c^2} = P$$

Entwickelt man nun $\frac{1}{c'}$ und $\frac{1}{c''}$ nach Potenzen der kleinen Grösse $2\,\delta\cos\alpha . q$, und die Coefficienten der Entwickelung wiederum nach Potenzen von q^2, so findet man:

$$
(23)\quad \begin{cases}
\frac{1}{c''} = \left(A + Bq^2 + Cq^4 + \cdots\right) \\
\qquad + \delta\cos\alpha . q \quad \left(A' + B'q^2 + C'q^4 + \cdots\right) \\
\qquad + \delta^2\cos^2\alpha . q^2\left(A'' + \cdots\right) + \cdots, \\
\frac{1}{c'} = \left(A + Bq^2 + Cq^4 + \cdots\right) \\
\qquad - \delta\cos\alpha . q \quad \left(A' + B'q^2 + C'q^4 + \cdots\right) \\
\qquad + \delta^2\cos^2\alpha . q^2\left(A'' + \cdots\right) - \cdots,
\end{cases}
$$

folglich, wenn man die Glieder mit der dritten und höheren Potenzen von δ ausser Acht lässt:

$$
\frac{q}{c''} - \frac{q}{c'} = 2\,\delta\cos\alpha\left(A'q^2 + B'q^4 + C'q^6 + \cdots\right)
$$

oder, da $q = \frac{2\pi V}{\lambda}$ ist, wenn V die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und λ die Wellenlänge im freien Aether bezeichnet:

$$
\frac{q}{c''} - \frac{q}{c'} = 2\,\delta\cos\alpha\left(\frac{a}{\lambda^2} + \frac{b}{\lambda^4} + \frac{c}{\lambda^6} + \cdots\right)
$$

Die Drehung der Schwingungsebene wird also durch den Ausdruck

$$
(24)\qquad \Delta = z\,\delta\cos\alpha\left(\frac{a}{\lambda^2} + \frac{b}{\lambda^4} + \frac{c}{\lambda^6} + \cdots\right)
$$

dargestellt, welcher übereinstimmend mit der Erfahrung aussagt, dass die Drehung 1) der Dicke der vom Lichtstrahl durchlaufenen Schicht, 2) der Grösse der magneti-

sirenden Kraft, 3) dem Cosinus der Neigung dieser Kraft gegen die Fortpflanzungsrichtung des Strahls proportional ist, und dass sie endlich 4) mit abnehmender Wellenlänge wächst.

Aus der vorstehenden Entwickelung erhellt, dass die vier Constanten, welche in den Ausdrücken P und Q ausser der Grösse δ noch vorkommen, auch in der Formel für den Drehungswinkel auftreten müssen, und dass daher zur genauen Darstellung der Rotationsdispersion vier Glieder dieser Formel erforderlich sein würden. Behufs einer angenäherten Prüfung mag es jedoch genügen, die Formel mit nur zwei Constanten in der Gestalt

$$\Delta = \frac{a}{\lambda^2} + \frac{b}{\lambda^4} \tag{25}$$

mit den Beobachtungsresultaten zu vergleichen. Wir benutzen hiezu die Beobachtungen Verdets[1]) am Schwefelkohlenstoff und Kreosot, indem wir mit Verdet die Drehungen für die Fraunhofer'sche Linie E gleich 1 setzen.

Tabelle I.

Schwefelkohlenstoff.

$\log a = 9{,}31005 - 10. \quad \log b = 8{,}30892 - 10.$

Fraunhofer'sche Linien	Drehung beobachtet	Drehung berechnet nach Formel					
		(25)	Diff.	(M)	Diff.	(N)	Diff.
C	0,592	0,585	+ 7	0,589	+3	0,943	— 351
D	0,768	0,759	+ 9	0,760	+8	0,967	— 199
E	1,000	1,000	0	1,000	0	1,000	0
F	1,234	1,230	+ 4	1,234	0	1,034	+ 200
G	1,704	1,692	+ 12	1,713	— 9	1,091	+ 613

1) Ann. de chim. et de phys. (3). t. 69. p. 471. 1863.

Tabelle II.

Kreosot.

log a = 9,28409 — 10. log b = 8,37358 — 10.

Fraunhofer'sche Linien	Drehung beobachtet	Drehung berechnet nach Formel					
		(25)	Diff.	(M)	Diff.	(N)	Diff.
C	0,573	0,575	— 2	0,617	— 44	0,976	—403
D	0,758	0,752	+ 6	0,780	— 22	0,993	—235
E	1,000	1,000	0	1,000	0	1,000	0
F	1,241	1,238	+ 3	1,210	+ 31	1,017	+224
G	1,723	1,723	0	1,603	+120	1,041	+682

Zur Vergleichung mit anderen Theorien sind in den Columnen (M) und (N) die Zahlenwerthe beigefügt, welche von Verdet nach den Formeln berechnet sind, die sich beziehungsweise aus den Theorien von Maxwell[1]) und Neumann[2]) ergeben. Obgleich sich die Maxwell'sche Formel beim Schwefelkohlenstoff den Beobachtungen etwas besser anschliesst als die unsrige, so weicht sie andrerseits beim Kreosot so beträchtlich davon ab, dass sie als unbrauchbar angesehen werden muss. Unsere Formel (25) dagegen gibt in beiden Fällen eine ziemlich befriedigende Uebereinstimmung, und der unregelmässige Gang der Differenzen spricht ebenfalls zu ihren Gunsten.

1) Treatise on Elektricity and Magnetism; Vol. II. p. 413. Oxford 1873.

2) Die magnetische Drehung der Polarisationsebene des Lichtes. Halle 1863.

II. Die natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Sind die Moleküle eines Körpers schraubenförmig gebaut, und sonach rechts herum anders beschaffen als links herum, so müssen, wenn die Axen der Schrauben unter sich parallel und senkrecht zur fortgepflanzten Wellenebene stehen, ganz in derselben Weise wie im vorigen Fall in den für die x- und y-Richtung geltenden Bewegungsgleichungen der Körpertheilchen beziehungsweise Glieder von der Form

$$-2\,\delta m \frac{d(y'-y)}{dt}$$

und

$$+2\,\delta m \frac{d(x'-x)}{dt}$$

auftreten. Bildet die Schraubenaxe mit der Wellennormale einen Winkel α, so werden in der Wellenebene nur noch Bruchtheile dieser Glieder zur Geltung kommen, welche Null sind, wenn der Winkel α ein rechter ist, und ungeändert bleiben, wenn man der Schraubenaxe die entgegengesetzte Lage gibt. Um dieser Eigenthümlichkeit des schraubenförmigen Baues Rechnung zu tragen, nehmen wir an, dass diese Bruchtheile durch

$$-2\,\delta \cos^2\alpha \,.\, m \frac{d(y'-y)}{dt}$$

und

$$+2\,\delta \cos^2\alpha \,.\, m \frac{d(x'-x)}{dt}$$

ausgedrückt werden.

Sind die Schraubenaxen der Moleküle zu je einem Dritttheil nach drei zu einander senkrechten Richtungen

geordnet, welche mit der Wellenormale resp. die Winkel α, β, γ bilden, so liefern die drei Molekülreihen zur x-Componente die Beiträge

$$-2\,\delta\cos^2\alpha\ m\frac{d(y'-y)}{dt},\qquad -2\,\delta\cos^2\beta.\, m\frac{d(y'-y)}{dt},$$

$$-2\,\delta\cos^2\gamma.\, m\frac{d(y'-y)}{dt},$$

welche zusammengefasst wieder

$$-2\,\delta m\frac{d(y'-y)}{dt}$$

geben. Eine solche Anordnung der Schraubenaxen würde stattfinden bei circular polarisirenden Krystallen des regulären Systems. Aber auch die vollkommen regellose Gruppirung der Moleküle in der Lösung eines activen Stoffs kann man durch jene Anordnung ersetzt denken.

In Körpern von der vorausgesetzten Beschaffenheit wird demnach die Fortpflanzung des Lichts durch folgende Gleichungen:

$$(1)\left\{\begin{aligned} m\frac{d^2(x'-x)}{dt^2} &= -2\,km\frac{d(x'-x)}{dt}-2\,\delta m\frac{d(y'-y)}{dt}\\ &\quad -mp^2(x'-x)-2m\nu\left(\frac{d\xi'}{dt}-\frac{dx'}{dt}\right),\\ m\frac{d^2(y'-y)}{dt^2} &= 2\,\delta m\frac{d(x'-x)}{dt}-2\,km\frac{d(y'-y)}{dt}\\ &\quad -mp^2(y'-y)-2m\nu\left(\frac{d\eta'}{dt}-\frac{dy'}{dt}\right),\end{aligned}\right.$$

$$(2)\left\{\begin{aligned} \mu\frac{d^2(x-\xi')}{dt^2} &= \omega^2\frac{d^2(x-\xi')}{dz^2}+2m\nu\left(\frac{d\xi'}{dt}-\frac{dx'}{dt}\right)\\ \mu\frac{d^2(y-\eta')}{dt^2} &= \omega^2\frac{d^2(y-\eta')}{dz^2}+2m\nu\left(\frac{d\eta'}{dt}-\frac{dy'}{dt}\right)\end{aligned}\right.$$

dargestellt, deren Integration, genau wie im vorigen Abschnitt durchgeführt, Resultate liefert, welche sich von den dortigen nur dadurch unterscheiden, dass die Drehung

$$\Delta = z\delta\left(\frac{a}{\lambda^2} + \frac{b}{\lambda^4} + \frac{c}{\lambda^6} + \cdots\right)$$

sowohl ihrem Betrage als ihrem Sinne nach ungeändert bleibt, nach welcher Richtung auch die Welle sich fortpflanzen mag. Da von Boltzmann[1]) bereits nachgewiesen wurde, dass die Formel

$$\Delta = \frac{a}{\lambda^2} + \frac{b}{\lambda^4},$$

welche in ihrem ersten Gliede das angenähert giltige Biot'sche Gesetz darstellt, die natürliche Rotationsdispersion in sehr befriedigender Weise wiedergibt, so ist eine erneute Prüfung derselben nicht erforderlich.

1) Pogg. Ann. Jubelb. p. 128. 1874.

Oeffentliche Sitzung

zur Vorfeier des Geburts- und Namensfestes Seiner Majestät des Königs Ludwig II. am 25. Juli 1881.

Wahlen.

Die in der allgemeinen Sitzung am 23. Juni 1881 vorgenommene Wahl neuer Mitglieder erhielt die Allerhöchste Bestätigung und zwar:

A. Zum ordentlichen Mitgliede:

Dr. Herrmann von Schlagintweit-Sakünlünski.

B. Zum ausserordentlichen Mitgliede:

Dr. C. W. Kupffer, Universitäts-Professor und I. Conservator der anatomischen Anstalt des Staates zu München.

C. Zu correspondirenden Mitgliedern:

1) Dr. Freiherr von Richthofen, Professor der Geographie an der Universität in Bonn.
2) Dr. Paul Groth, Professor der Mineralogie in Strassburg.
3) Dr. A. Damour, Unterdirector des Ministeriums der auswärtigen Angelegenheiten in Paris.

Verzeichniss der eingelaufenen Büchergeschenke.

Von der medizinischen Gesellschaft in Berlin:

Verhandlungen aus dem Jahre 1879/80. Bd. XI. 1881. 8°.

Von der deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin;

Berichte. 14. Jahrgang 1881. 8°.

Vom Verein zur Beförderung des Gartenbaues in Berlin:

Monatsschrift. 23. Jahrgang 1880 in 12 Heften. 1880. 8°.

Von der Redaktion der Zeitschrift für Instrumentenkunde in Berlin:

Zeitschrift für Instrumentenkunde. I. Jahrgang. 1881. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Emden:

65. Jahresbericht 1879/80. 1880. 8°.

Von dem naturwissenschaftlichen Verein von Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald:

Mittheilungen. XII. Jahrgang. Berlin 1880. 8°.

Von der Ministerial-Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

Ergebnisse der Beobachtungsstationen. Jahrgang 1880 Nov. und Dec. Berlin 1881. 4°.

Vom naturforschenden Verein in Brünn:

a. Verhandlungen. 18. Bd. 1879. 1880. 8°.
b. Katalog der Bibliothek. I. Suppl.-Heft. 1880. 8°.

Von der naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden:

Sitzungsberichte 1880. 2 Hefte. 1881. 8°.

Von der Société de physique et d'histoire naturelle in Genf:

Mémoires. Tom. 27. Genève 1880. 4°.

Von der Società Adriatica di scienze naturali in Triest:

Bulletino. Vol. VI. 1881. 8°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Leipzig:

Sitzungsberichte. 7. Jahrgang. 1880. 8°.

Von der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. Jahrgang 1880. Bd. 30. 1881. 8°.

Vom zoologisch-mineralogischen Verein in Regensburg:

Correspondenz-Blatt. 34. Jahrgang. 1880. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein für Steiermark in Graz:

Mittheilungen. Jahrgang 1880. 1881. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein für Schleswig-Holstein in Kiel:

Schriften. Bd. IV. Kiel 1881. 8°.

Von der physikalisch-medizinischen Gesellschaft in Erlangen:

Sitzungsberichte. 12. Heft. 1879—1880. 1880. 8°.

Von der schweizerischen geologischen Kommission in Bern:

Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Lief. XX mit Atlas und Appendix zu Lief. XVII. Bern 1880. 4° und Atlas in Folio. Lief. XIV. Abthl. 3. 1881. 4°.

Von der Société entomologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. 23. 1880. 8°.

Von der Russischen physikalisch-chemischen Gesellschaft in St. Petersburg:

Journal. Tom. 13. 1881. 8°.

Vom Museo civico di storia naturale in Genova:

Annali. Vol. XV. 1880. 8°.

Vom Geological Survey of Canada in Montreal:

Rapport des opérations de 1878—79. 1879. 8°.

Von der Union géographique du Nord de la France in Douai:

Bulletin 1 année. Lille 1880. 8°.

Vom physikalischen Central-Observatorium in St. Petersburg:

Annalen. Jahrgang 1879 in 2 Theilen. 1880. 4°.

Von der Sociedade de geographia in Lissabon:

a. Bolletim. 2. Serie. 1880. 8°.
b. Moçambique per Joaquim José Machado. 1881. 8°.
c. Explorações geologicas e mineiras nas colonias Portuguezas, por Lourenço Malheïro. 1881. 8°.

Von der kgl. Akademie der Wissenschaften in Amsterdam:

a. Verhandelingen. Natuurkunde. Deel 20. 1880. 4°.
b. Verslagen en Mededeelingen. Natuurkunde. Deel 15. 1880. 8°.

Von der Redaktion des American Journal in New-Haven:

The American Journal of science Nr. 120, 121. 1881. 8°.

Von der Sociedad de historia natural in Mexico:

La Naturaleza. 1880. 4°.

Von der kgl. Akademie der Wissenschaften in Kopenhagen:

Mémoires. Classe des sciences. 1880. 4°.

Von dem naturforschenden Verein zu Riga:

Correspondenzblatt. 23. Jahrgang. 1880. 8°.

Von der Société géologique de Belgique in Lüttich:

Annales. Tom. 6. 1878—1879. 1879—81. 8°.

Vom United States Coast Survey in Washington:

Report of the Superintendent of the U. S. Coast Survey for the year eding Jure 1877. 1880. 4°.

Vom R. Comitato geologico d'Italia in Rom:

Bollettino. 1881. 8°.

Von der Academia dei Lincei in Rom:

a. Atti. Serie III. Classe di scienze fisiche. Vol. 5. 6. 7. 8. 1880. 4°.
b. Sopra alcuni eclisse di sole antichi, memoria di G. Celoria. 1880. 4°.

Von der Medical and chirurgical Society in London:

Medico-chirurgical Transactions. Vol. 63. 1880. 8°.

Von der Linnean Society in London:

a. Journal Zoology. Nr. 80— 83.
Botani. „ 103—107. 1879—80. 8°.

b. List of Members. Nov. 1st, 1879. 8°.
c. Transactions. 2. Ser. Zoolog. Vol. II. 1879. 4°.

Vom Department of the Interior in Washington:

a. Bulletin of the United States geological Survey of the Territories. Vol. VI. 1881. 8°.
b. Second Report of the United States Entomological Commission, 1880. 8°.

Von der Società Italiana di scienze naturali in Mailand:

Atti. Vol. XXII. Milano 1879. 8°.

Von der Société d' histoire naturelle in Colmar:

Bulletin. Années 20 et 21. 1879—80. 1880. 8°.

Von der k. k. Akademie der Wissenschaften in Krakau:

a. Sitzungsberichte, Mathematische Classe. Vol. 7. 1880. 8°.
b. Sprawozdania Komisyi fizgyjgraficzne'j. Tom. XIV. 1880. 8°.
c. Zbiór Komisyi antropologiczre'j. Tom. IV. 1880. 8°.

Vom Observatorio de marina de San Fernando in Cadiz:

Anales. Seccion II. Observationes meteorologicas. Anno 1877. 1878. San Fernando 1878—79. Fol.

Vom Radcliffe Observatory in Oxford:

Results of meteorological Observations. Vol. 37. 1880. 8°.

Von der Royal Society of South Australia in Adelaide:

Transactions and Proceedings. Vol. III (for 1879—80). 1880. 8°.

Von der Editorial Comittee of the Norwegian North-Atlantic Expedition in Christiania:

Den Norske Nordhavs-Expedition 1876—1878.
1. Zoolog. Fiske ved. R. Collett.
2. Chemi I—III af H. Tornoe. 1880. 8°.

Von der Société de geographie in Paris:

Bulletin Janvier 1881. 8°.

Vom Comité international des poids et mesures in Paris:

a. Proces verbaux des séances de 1880. 1881. 8°.
b. Travaux et mémoires. Tom. 1. 1881. 4°.

Von der physikalisch-medizinischen Gesellschaft in Berlin:

Verhandlungen. Neue Folge. Bd. XV. Würzburg 1881. 8°.

Vom Verein für Erdkunde in Halle:

Mittheilungen. 1877. 1878. 1879. 1880. 1880. 8°.

Vom naturhistorischen Landesmuseum in Klagenfurt:

Cariathia, Zeitschrift. 70. Jahrgang. 1880. 8°.

Von der American Philosophical Society in Philadelphia:

a. Proceedings. Vol. XVIII. Nr. 106. 1880. 8°.
b. List of the members. March. 15. 1880. 8°.

Von der Académie des sciences in Paris:

Comptes rendus. 1881. 4°.

Von der Société de geographie commerciale in Bordeaux:

Bulletin. 1881. 8°.

Vom Museum in Tromsö:

Aarshefter III. 1881. 8°.

Von der Redaction des Moniteur scientifique in Paris:

Moniteur scientifique. Livr. 470. 1880. 8°.

Von der Redaktion der Chemiker-Zeitung in Cöthen:

Chemiker-Zeitung. 1881. 4°.

Vom Astronomical Observatory in Cambridge, Mass.:

35 th annual Report of the Director. 1881. 8°.

Von der kaiserlich Leopoldino-Carolinischen deutschen Akademie der Naturforscher in Halle a/S.

Leopoldina. Heft XVII. 1881. 4°.

Von der Redaktion des Archivs für Mathematik in Greifswald:

Archiv für Mathematik und Physik. Bd. 66. Leipzig 1880. 8°.

Von der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien:

a. Geologische Gruben-Revier-Karte des Kohlenbeckens von Teplitz-Dux-Brüx im nordwestlichen Böhmen, von Heinrich Wolf. Text und Atlas. 1880.
b. Verhandlungen. 1881. 8°.
c. Jahrbuch. Band 31. 1881. 8°.

Von der medizinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Jena:

Denkschriften. Bd. I Abth. 2 mit einem Atlas. 1880. Folio.

Von der Società Veneto-Trentina di scienze naturali in Padova:

Atti. Vol. 7. 1880. 8°.

Von der Bergverwaltung von Kaukasien in Tiflis:

Materiali da geologii Kavkasa II. 1880. 8°.

Von der Royal microscopical Society in London:

Journal. Ser. II. Vol. I. 1881. 8°.

Von der Société entomologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. 24. Bruxelles 1880. 8°.

Von der Société malacologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. XII. Année 1877. 8°.

Von der Académie de médecine in Brüssel:

Bulletin. Tom. XV. 1881. 8°.

Vom physikalischen Central-Observatorium in St. Petersburg:

Repertorium für Meteorologie. Bd. VII. 1880. 4°.

Vom Engineer Departement U. S. Army in Washington:

Reports upon United States Geographical Survey West of the 100th Meridian. Vol. 2—6 nebst Atlas. 1877—78. 4°.

Vom Essex Institute in Salem:

Bulletin. Vol. 11. 1879. 8°.

Vom Museum of comparative zoology in Cambridge Mass:

Bulletin. Vol. VIII. 1880. 8°.

Von der Société botanique de France in Paris:

Bulletin. Tom. XXVII. Session extraordinaire. 1880. 8°.
Tom. XXVIII. 1881. 8°.

Von der Società Toscana di scienze naturali in Pisa:

Atti. Processi verbali. Adunanza del di 14. nov. 1880. 9. jennaio 1881. 8°.

Von der k. k. Sternwarte in Wien:

Annalen. 3. Folge. Bd. 29. Jahrgang 1879. 8°.

Vom k. k. Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien:

Schriften. Vereinsjahr 1880/81. 1881. 8°.

Von der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien:

Medizinische Jahrbücher. 1881. 8°.

Vom k. statistisch-topographischem Bureau in Stuttgart:

Württembergische Jahrbücher für Statistik und Landeskunde. Bd. I. II und Suppl.-Bd. 1881. 8°.

Von der physikalischen Gesellschaft in Berlin:

Fortschritte der Physik im Jahr 1876. 32. Jahrgang. Abth. I. II. 1881. 8°.

Vom k. preussischen geodätischen Institut in Berlin:

a. Astronomisch-geodätische Arbeiten in den Jahren 1879/80. Berlin 1881. 4°.
b. Das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde von Wilhelm Seibt. 1881. 4°.
c. Die Ausdehnungscoefficienten der Küstenvermessung von Alf. Westphal. 1881. 4°.

Von der physikalisch-medizinischen Gesellschaft in Würzburg:

Verhandlungen, neue Folge. Bd. XV. Heft 3. 4. 1881. 8°.

Von der naturwissenschaftlichen Gesellschaft in St. Gallen:

Bericht über die Thätigkeit während des Vereinsjahres 1878/79. 1880. 8°.

Von der k. k. Sternwarte in Prag:

Beobachtungen. 41. Jahrgang. 1880. 1881. 4°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Danzig:

Schriften, neue Folge. Bd. V. 1881. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein in Bremen:

Abhandlungen. Bd. VII und Beilage Nr. 8. 1880. 8°.

Von der Senkenberg'schen naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt:

a. Abhandlungen. Bd. XII. 1880. 4°.
b. Bericht 1879/80. 1880. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein in Karlsruhe:

Verhandlungen. 8. Heft. 1881. 8°.

Vom naturwissenschaftlichen Verein für Sachsen und Thüringen in Halle.

Zeitschrift für die gesammte Naturwissenschaft. Jahrgang 1880. Berlin 1880. 8°.

Vom Meteorological Departement of the Governement of India in Calcutta:

a. Report on the Meteorology of India in 1878, by Henry F. Blanford. IV Year. 1880. Folio
b. Report on the Administration of the Meteorolog-Departement in 1879—1880. 1880. Folio.

Von der Zoologisch Genootschap in Amsterdam:

Catalogus den Bibliotheek van het kgl. zoologisch genootschap. 1881. 8°.

Von der Herzoglich technischen Hochschule in Braunschweig:

Katalog der Bibliothek. Abth. I. 1880. 8°.

Von der Sternwarte in Pulkowa:

a. Observations de Poulkova. Vol. XI. Petersburg 1879. 4°.
b. Jahresbericht für 1878/79 und 1879/80 dem Comité der Nicolai-Hauptsternwarte erstattet. Petersburg 1880. 8°.

Von der k. k. Bergdirektion zu Idria:

Das k. k. Quecksilberwerk zu Idria in Krain. Wien 1881. Fol.

Vom Observatoire Royal in Brüssel:

a. Annales. Année 1880. Bruxelles 1881. 4°.
b. Annales météorologiques. Tom. 1. 1881. 4°.
c. Annales astronomiques. Tom. 3. 1880. 4°.
d. Annuaire 47° année 1880. 48° année 1881. 8°.

Vom Observatoire météorologique de l'Université in Upsala:

Bulletin mensuel. Vol. XII. 1880. 1880—81. 4°.

Von der k. Universität in Christiania:

Archiv for Mathematik. Bd. V. 1880. 8°.

Von der Académie des sciences in Lyon:

a. Memoires. Classe des sciences. Tom. 24. Lyon 1879—80. 8°.
b. Nouvelles remarques sur la nomenclature botanique par le Dr. Saint-Lager. Paris 1881. 8.

Von der Société d'agriculture in Lyon:

Annales. V. Série. Tom. 2. 1879. 1880 gr. 8°.

Vom Verein für Natur- und Heilkunde in Presburg:

Verhandlungen. Neue Folge. Heft 4. 1881. 8°.

Von der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Yokohama:

Mittheilungen. Dec. 1880. Mars 1881. April 1881. Fol.

Vom Muséum d'histoire naturelle in Paris:

a. Rapports annuels des Professeurs. 1879 et 1880. 1880 bis 81. 8°.
b. Nouvelles Annales II° Ser. Tom. 3. 1880. 4°.

Vom botanischen Garten in St. Petersburg:

Acta horti Petropolitani. Tom. VII. 1880. 8°.

Von der Accademia dell scienze fisiche e mathematiche in Neapel:

a. Atti. Vol. 7. 8. 1878—79. 4°.
b. Rendiconti. Anno 1876—79. 4°.

Von der Zoologischen Station in Neapel:

a. Mittheilungen. 2. Bd. Heft 4. Leipzig 1881. 8°.
b. 3. Nachtrag zum Bibliothekskatalog. Leipzig 1881. 8°.

Vom naturhistorischen Verein von Wisconsin in Milwaukee:

Jahresbericht für das Jahr 1880—81. 1881. 8°.

Von der Royal astronomical Society in London:

Memoirs. Vol. 45. 1879—80. 1880. 4°.

Von der Geological Society in London:

Catalogue of the Library compiled by J. Dallas in London. 1881. 8°.

Von der Reale Accademia delle Scienze in Turin:

Bollettino dell' Osservatorio della regia Universitá di Torino. Anno XIV. XV. 1880. 1881. 4°.

Von der naturforschenden Gesellschaft in Dorpat:

Archiv für die Naturkunde Liv-, Esth- und Kurlands. 2. Serie. Bd. IX. 1880. 8°.

Vom R. Istituto di studi superiori in Florenz:

Pubblicazioni: Sezione di medicina: Del processo morboso del colera asiatico da Fil. Pacini. 1880. 4°.

Vom Department of Mines in Sydney New South Wales:

Annual Report of the Department of mines. 1878 und 1879 mit Atlas. 1880. 4°.

Vom Herrn Ph. Plantamour in Genf:

Des mouvements périodiques du sol (2ᵉ année) 1880. 8°.

Vom Herrn A. Ecker in Freiburg i. Br.

a. Beiträge zur Kenntniss der äusseren Formen jüngster menschlicher Embryonen. s. l. s. a. 8°.

b. Ueber den Schwanztheil des menschlichen Embryo. Antwortschreiben an Herrn A. Ecker von Wilh. His. s. l. s. a. 8°.

Vom Herrn E. Plantamour in Genf:

Résumé météorologique de l'année 1879 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. 1880. 8°.

Vom Herrn J. Macpherson in Madrid:

Uniclinal structure of the Iberian Peninsula. 1880. 8°.

Vom Herrn Ed. Regel in St. Petersburg:

a. Gartenflora. December, Januar und Februar 1881. Stuttgart 1881. 8°.

b. Supplementum ad fasc. 7 descriptionum plantarum. Petropolis 1880. 8°.

Vom Herrn Antonio de Castro Lopes in Rio de Janeiro:

Memoria sobre a possibilidade e conveniencia de suppressao dos annos bissextos. 1881. 8°.

Vom Herrn Rudolph Wolf in Zürich:

Astronomische Mittheilungen. 1880. Nr. 52 1881. 8°.

Vom Herrn E. Hartwig in Strassburg:

Beitrag zur Bestimmung der physischen Libration des Mondes. Karlsruhe 1881. 4°.

Vom Herrn Gustavus Hinrichs in Jowa City:

Report of the Jowa Weather Service 1879. Januar—April des Moines 1880. 8°.

Vom Herrn Delesse in Paris:

a. Revue de geologie. Tom. XVI. 1880. 8°.
b. Sur les études de géologie agronomique aux Etats-Unis. 1880. 8°.

Vom Herrn Ferd. von Müller in Melbourne:

a. Eucalyptographia. 7 Decade. 1880. 4°.
b. Plants of North-Western Australia enumerated Perth 1881. Fol.

Vom Herrn William King in Dublin:

Preliminary Notice of a Memoir on Rock-jointing. 1880. 8°.

Vom Herrn Henry A. Peirce in Honolulu:

Early Discoveries of the Hawaiian Islands. San Francisco 1880. 8°.

Vom Herrn Gerhard vom Rath in Bonn:

Ueber die Trippkeit eine neue Mineralspezies. Leipzig 1880. 8°.

Vom Herrn Hermann Kolbe in Leipzig:

Journal für praktische Chemie. Neue Folge. Bd. 23. Bd. 24. 1881. 8°.

Vom Herrn Julius Sommerbrodt in Breslau:

Die reflectorischen Beziehungen zwischen Lunge, Herz und Gefässen. Berlin 1881. 8°.

Vom Herrn François W. C. Trafford in Riesbach bei Zürich.

Souvenir de l' Amphiorama ou la vue du monde. Zürich 1880. 8⁰.

Vom Herrn F. Sandberger in Würzburg:

Zur Naturgeschichte der Röhn. 1881. 8⁰.

Vom Herrn Nathan Pringsheim in Berlin:

a. Ueber Lichtwirkung und Chlorophyllfunction in der Pflanze. Berlin 1881. 8⁰.
b. Untersuchungen über das Chlorophyll. Abth. III und V. Berlin 1879—81. 8⁰.
c. Remarques sur le chlorophylle. Paris 1880. 4⁰.

Vom Herrn Denis G. Zesas (aus Zante) in Winterthur:

Wirkung arseniger Säure auf gesunde und kranke Haut. Strassburg 1881. 8⁰.

Vom Herrn A. Wüllner in Aachen:

Ueber die angebliche Erhitzung des Eises. Leipzig 1881. 8⁰.

Vom Herrn Karl Pettersen in Tromsö:

Lofoten og Vesteraalen. Kristiania 1881. 8⁰.

Vom Herrn Hermann Burmeister in Buenos Aires:

a. Description physique de la République Argentine. Tom. III. Partie I avec Atlas, Livr. 2. 1879. 8⁰ und Folio.
b. Bericht über die Feier des 50 jährigen Doctor-Jubiläums des Prof. Dr. Hermann Burmeister. 1880. 8⁰.

Vom Herrn Archibald Liversidge in Sydney:

Report upon Museums for Technology in Great Britain and on the Continent of Europe. 1880. Folio.

Namen-Register.

Sach-Register.

